



UNIL | Université de Lausanne

Unicentre

CH-1015 Lausanne

<http://serval.unil.ch>

Year : 2019

Des sciences naturelles aux sciences de la vie. Changements et continuités des élites académiques de la biologie et de la chimie en Suisse au xxe siècle

Benz Pierre

Benz Pierre, 2019, Des sciences naturelles aux sciences de la vie. Changements et continuités des élites académiques de la biologie et de la chimie en Suisse au xxe siècle

Originally published at : Thesis, University of Lausanne

Posted at the University of Lausanne Open Archive <http://serval.unil.ch>

Document URN : urn:nbn:ch:serval-BIB_51A018A230E92

Droits d'auteur

L'Université de Lausanne attire expressément l'attention des utilisateurs sur le fait que tous les documents publiés dans l'Archive SERVAL sont protégés par le droit d'auteur, conformément à la loi fédérale sur le droit d'auteur et les droits voisins (LDA). A ce titre, il est indispensable d'obtenir le consentement préalable de l'auteur et/ou de l'éditeur avant toute utilisation d'une oeuvre ou d'une partie d'une oeuvre ne relevant pas d'une utilisation à des fins personnelles au sens de la LDA (art. 19, al. 1 lettre a). A défaut, tout contrevenant s'expose aux sanctions prévues par cette loi. Nous déclinons toute responsabilité en la matière.

Copyright

The University of Lausanne expressly draws the attention of users to the fact that all documents published in the SERVAL Archive are protected by copyright in accordance with federal law on copyright and similar rights (LDA). Accordingly it is indispensable to obtain prior consent from the author and/or publisher before any use of a work or part of a work for purposes other than personal use within the meaning of LDA (art. 19, para. 1 letter a). Failure to do so will expose offenders to the sanctions laid down by this law. We accept no liability in this respect.



UNIL | Université de Lausanne

FACULTE DES SCIENCES SOCIALES ET POLITIQUES
INSTITUT DES SCIENCES SOCIALES

**Des sciences naturelles aux sciences de la vie. Changements et continuités
des élites académiques de la biologie et de la chimie en Suisse au xx^e siècle**

THESE DE DOCTORAT

présentée à la
Faculté des Sciences Sociales et Politiques de l'Université de Lausanne
pour l'obtention du grade de DOCTEUR ES SCIENCES SOCIALES

par
Pierre BENZ

Directeur de thèse

Prof. Felix BÜHLMANN, Université de Lausanne

Co-directeur de thèse

Prof. André MACH, Université de Lausanne

Jury

Prof. Thomas DAVID, Université de Lausanne
Prof. Yves GINGRAS, Université du Québec à Montréal
Prof. Pierre MERCKLE, Université de Grenoble Alpes
Prof. Muriel SURDEZ, Université de Fribourg

LAUSANNE
2019



UNIL | Université de Lausanne

Faculté des sciences
sociales et politiques

IMPRIMATUR

Le Décanat de la Faculté des sciences sociales et politiques de l'Université de Lausanne, au nom du Conseil et sur proposition d'un jury formé des professeurs

- Felix BUHLMANN, directeur de thèse, Professeur à l'Université de Lausanne
- André MACH, co-directeur de thèse, Professeur à l'Université de Lausanne
- Thomas DAVID, Professeur à l'Université de Lausanne
- Yves GINGRAS, Professeur à l'Université du Québec à Montréal
- Pierre MERCKLE, Professeur à l'Université de Grenoble Alpes
- Muriel SURDEZ, Professeure à l'Université de Fribourg

autorise, sans se prononcer sur les opinions du candidat, l'impression de la thèse de Monsieur Pierre BENZ, intitulée :

« Des sciences naturelles aux sciences de la vie. Changements et continuités des élites académiques de la biologie et de la chimie en Suisse au XX^e siècle »

Marie SANTIAGO DELEFOSSE
Doyenne

Lausanne, le 15 novembre 2019

Résumé

Cette thèse porte sur les élites académiques de la biologie et de la chimie en Suisse au xx^e siècle. Elle a été menée dans le cadre du projet FNS « Academic Elites in Switzerland: between Autonomy and Power » (2013-2017) et s'appuie largement sur les données prosopographiques de la base « Elites suisses au xx^e siècle » exploitée dans le cadre du projet. La thèse propose un focus sur l'évolution de la hiérarchie des disciplines au travers des profils, des carrières et des réseaux des professeurs sur cinq cohortes (1910, 1937, 1957, 1980 et 2000) qui structurent les *espaces* de la biologie et de la chimie. Définis comme des élites académiques, les professeurs ordinaires et extraordinaires occupent les positions les plus élevées de la hiérarchie des postes académiques. Au sein du champ académique, les individus sont dotés de diverses ressources scientifiques, mais aussi institutionnelles, internationales et extra-académiques, dont l'importance relative détermine le degré d'autonomie du champ, une autonomie relative et changeante qui sert de cadre à l'activité scientifique et rend possibles certaines transformations de la hiérarchie des disciplines. Cette thèse apporte un éclairage encore très peu exploité sur les développements de la chimie et de la biologie en Suisse au xx^e siècle, entre dynamiques de différenciations institutionnelles et de rapprochements dans le domaine des sciences de la vie. Elle mobilise diverses méthodes de traitement des données prosopographiques, telles que l'analyse des correspondances multiples, l'analyse de séquences, l'analyse de réseaux et les modèles linéaires généralisés pour aborder quatre axes de questionnements : les reconfigurations institutionnelles des disciplines, l'évolution du profil des professeurs au regard de leur dotation différenciée en ressources spécifiques et l'analyse longitudinale des carrières professorales, les collaborations interdisciplinaires et le capital social issus des réseaux de co-requêtes de projets financés par le FNS et, enfin, les enjeux de l'adoption du modèle de l'université entrepreneuriale et son impact sur les carrières des professeurs entre académie et secteur privé. Elle s'attache ainsi, par un focus sur deux disciplines qui ont participé à transformer les sciences naturelles au xx^e siècle, à explorer les conséquences de l'affirmation des sciences de la vie sur l'organisation des disciplines dans un contexte de transformation des modes de production du savoir.

Summary

This dissertation focuses on the academic elites of biology and chemistry in Switzerland over the 20th century. It was carried out within the framework of the SNSF project "Academic elites in Switzerland: between Autonomy and Power" (2013-2017), and relies on prosopographical data about all university professors of the two disciplines at five benchmarks (1910, 1937, 1957, 1980 and 2000). These data widely stem from the "Database of Swiss elites", which is the main source of the project. It offers a focus on the evolution of the hierarchy of disciplines through the changing profiles, careers and scientific networks of these professors, which structure the *spaces* of biology and chemistry. Defined as academic elites, ordinary and extraordinary professors occupy the highest positions within academia. These individuals are endowed with scientific, but also institutional, international and extra-academic resources, whose relative importance determines the degree of autonomy of the field. This relative autonomy serves as framework for the scientific activity and draws a box around the changing hierarchy of disciplines. This dissertation sheds light on the development of biology and chemistry in Switzerland in the 20th century, between the dynamics of institutional differentiations and convergences in the field of life sciences. It mobilizes various methods to process extensive prosopographical data, such as multiple correspondence analysis, sequence analysis, network analysis and generalized linear models to address four axes of inquiry: it *first* investigates the institutional reconfigurations of disciplines, *then* the evolution of the profile of professors with regard to their differentiated endowment in specific resources as well as the longitudinal analysis of their careers, *thirdly* the interdisciplinary collaborations and social capital as measured from the network of co-applications for research projects funded by the SNSF and, *finally*, the challenges raised by the entrepreneurial university and its impact on professoral careers. It thus sets out, by focusing on two disciplines which participated in transforming the natural sciences in the 20th century, to explore the consequences of the affirmation of the life sciences on the organization of disciplines in the changing context of the production of knowledge.

Table des matières

REMERCIEMENTS	12
INTRODUCTION ET QUESTIONS DE RECHERCHE : DES DISCIPLINES DE POUVOIR DANS LE « SIECLE DU GENE »	15
1. DE LA « REVOLUTION DU GENE » VERS UN NOUVEAU MODE DE PRODUCTION DU SAVOIR	17
1.1 LES GRANDES ETAPES DE LA TRANSFORMATION DES SCIENCES NATURELLES AUX SCIENCES DE LA VIE.....	18
1.2 DISCIPLINES DE POUVOIR ET POUVOIR DES DISCIPLINES. ANALYSER LES CADRES SOCIAUX DES TRANSFORMATIONS DES SCIENCES NATURELLES AUX SCIENCES DE LA VIE.....	21
1.3 POURQUOI ÉTUDIER LES PROFESSEURS DE BIOLOGIE ET DE CHIMIE	23
2. QUATRE AXES DE QUESTIONNEMENT	26
3. HISTOIRE DE LA THESE ET DEMARCHE DE RECHERCHE.....	31
CHAPITRE 1. CHANGEMENTS ET INERTIE DES DYNAMIQUES STRUCTURALES, AUTONOMIE RELATIVE ET CAPITAUX DES PROFESSEURS	38
1. TROIS APPROCHES DES TRANSFORMATIONS RECENTES DE LA PRODUCTION DU SAVOIR	38
1.1 RUPTURE DES MODES DE PRODUCTION DU SAVOIR	38
1.2 SYSTEMES D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET POLITIQUES DE LA SCIENCE.....	40
1.3 CHANGEMENT DE PROFIL : DU CHERCHEUR <i>INVENTEUR</i> AU CHERCHEUR <i>ENTREPRENEUR</i>	42
2. UNE SOCIOLOGIE DES ELITES DU CHAMP ACADEMIQUE	45
2.1 UNE APPROCHE POSITIONNELLE DE L'ÉLITE COMME POINT DE DEPART	47
2.1.1 <i>Des théories classiques aux théories critiques des élites</i>	47
2.1.2 <i>Les professeurs comme élites académiques</i>	49
2.2 THEORIE DES CHAMPS, AUTONOMIE RELATIVE ET FRONTIERES DISCIPLINAIRES.....	51
2.2.1 <i>Le capital scientifique et institutionnel dans les champs scientifique et académique</i>	52
2.2.2 <i>Autonomie relative et hétéronomie : la question des ressources extra-académiques</i>	55
CHAPITRE 2. STRATEGIE DE RECHERCHE, DONNEES ET METHODES.....	59
1. STRATÉGIE DE RECHERCHE : UNE APPROCHE PAR LES PROFESSEURS.....	59
1.1 CADRE DE LA RECHERCHE : LE PROJET « ELITES ACADEMIQUES » ET LA BASE DE DONNEES « ELITES SUISSES »	59
1.2 ECHANTILLON DES PROFESSEURS DE BIOLOGIE ET DE CHIMIE	60
1.3 PRINCIPALES DIMENSIONS ANALYTIQUES DE LA THESE ET RESUME DES INDICATEURS	62
1.4 SOURCES ET RECOLTE DE DONNEES	64
2. UNE METHODOLOGIE ENTRE STATISTIQUE DESCRIPTIVE ET ETHNOGRAPHIE QUANTITATIVE.....	66
2.1 LES ANALYSES DES CORRESPONDANCES MULTIPLES ET DE LA <i>CLASS SPECIFIC ANALYSIS</i>	67
2.2 LES ANALYSES DE SEQUENCES.....	69
2.3 LES ANALYSES DE RÉSEAUX.....	70
2.4 LES MODÈLES LINÉAIRES GÉNÉRALISÉS.....	72
CHAPITRE 3. BIOLOGIE ET CHIMIE AU XX^E SIÈCLE : RAPPROCHEMENTS, DIFFÉRENCIATIONS ET RECONFIGURATIONS INSTITUTIONNELLES.....	74
1. HIÉRARCHIES DISCIPLINAIRES EN TRANSFORMATION	75
1.1 DÉFINITION DES DISCIPLINES	75
1.2 HIÉRARCHIE DES DISCIPLINES ET HIÉRARCHIE DES POSITIONS	77
2. UNE HISTOIRE DE LA BIOLOGIE ET DE LA CHIMIE ENTRE AUTONOMIE ET CONVERGENCES	79
2.1 LA CHIMIE : UNE SCIENCE RELATIVEMENT UNIFIÉE	80
2.1.1 <i>Professionnalisation et principaux courants de la chimie au XIX^e siècle</i>	80
2.1.2 <i>De la chimie organique à la chimie du vivant</i>	82
2.2 LA BIOLOGIE : UNE DISCIPLINE DIVERSIFIÉE.....	83
2.2.1 <i>Les trois grands courants de la biologie au XIX^e siècle</i>	84
2.2.2 <i>De la biologie moléculaire aux sciences de la vie</i>	85

2.3 DE LA SYNTHÈSE CHIMIQUE AUX BIOTECHNOLOGIES : LE CAS DE LA RECHERCHE ORIENTÉE.....	87
3. LA BIOLOGIE ET LA CHIMIE EN SUISSE, UN DÉVELOPPEMENT CONTRASTE.....	90
3.1 LES PREMIÈRES CHAIRES DE CHIMIE À BALE ET LES LIENS AVEC L'ÉLITE LOCALE	91
3.2 DES DÉBUTS DES FINANCEMENTS DE LA RECHERCHE PAR L'INDUSTRIE À L'ÉLÈVE DES BIOTECHNOLOGIES.....	93
3.3 L'INSTITUTIONNALISATION DE LA BIOLOGIE MOLECULAIRE ENTRE GENEVE ET ZURICH	97
3.4 L'ÈRE DES SCIENCES DE LA VIE : REFORMER LA SCIENCE ?	100
3.5 LES PRINCIPAUX APPORTS DE L'HISTORIOGRAPHIE SUISSE	102
4. L'ANCRAGE INSTITUTIONNEL DE LA BIOLOGIE ET DE LA CHIMIE EN SUISSE : PREMIERS PRINCIPES DE DISTINCTION ...	103
4.1 POSITIONS AU SEIN DES STRUCTURES ACADEMIQUES : LES CHAIRES PROFESSORALES	104
4.1.1 <i>Les grandes tendances par les chaires professorales</i>	105
4.1.2 <i>Comment classer les sciences naturelles médicales</i>	107
4.1.3 <i>Les deux pôles de la biologie</i>	108
4.1.4 <i>L'affirmation progressive de la chimie fondamentale</i>	111
4.2 LES POSITIONS INSTITUTIONNELLES : UN CONTRE-POUVOIR AU SEIN DU CHAMP ?	114
4.2.1 <i>Les fonctions de recteur</i>	114
4.2.2 <i>Les fonctions de doyen des facultés des sciences</i>	117
4.3 L'ACADEMIE SUISSE DES SCIENCES NATURELLES	120
4.3.1 <i>La diversification des sociétés spécialisées</i>	121
4.3.2 <i>Le profil des membres du Comité central de l'ASSN</i>	125
4.4 LE FONDS NATIONAL SUISSE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE.....	128
4.4.1 <i>La hiérarchie selon le nombre de projets et des montants accordés</i>	130
4.4.2 <i>Le profil des membres du Conseil national de la recherche du FNS</i>	134
5. DIFFÉRENCIATIONS DISCIPLINAIRES ET RECONFIGURATIONS INSTITUTIONNELLES	136
6. ANNEXES.....	140
6.1 CHAIRES DES PROFESSEURS DE BIOLOGIE ET DE CHIMIE 1957-2000 (N=642)	140
6.2 TABLEAUX DES EFFECTIFS DES FIGURES 3.2 À 3.7	147
6.3 EFFECTIFS DES ÉLITES ACADEMIQUES PAR DISCIPLINE ET PAR COHORTE.....	148
6.3.1 <i>Nombres absolus d'élites académiques par cohorte</i>	148
6.3.2 <i>Pourcentages d'élites académiques par cohorte</i>	148
6.4 DISTRIBUTION DE LA DISCIPLINE DES RECTEURS	149
6.4.1 <i>Discipline des recteurs par cohorte (en nombres absolus)</i>	149
6.4.2 <i>Discipline des recteurs dans l'absolu (en % du total par cohorte)</i>	149
6.5 DISTRIBUTION DE LA DISCIPLINE DES DOYENS.....	150
6.5.1 <i>Effectifs des professeurs des facultés des sciences (en % par cohorte)</i>	150
6.5.2 <i>Discipline des doyens des facultés des sciences dans l'absolu (en nombres absolus)</i>	150
6.5.3 <i>Discipline des doyens des facultés des sciences (en % du total par cohorte)</i>	150
6.5.4 <i>Discipline des doyens des facultés des sciences (en % pondérés par l'importance relative des disciplines)</i>	150
CHAPITRE 4 : DES ESPACES DISCIPLINAIRES DISTINCTS ? POSITIONS, CAPITAUX ET CARRIÈRES	151
1. LOGIQUES DE CHAMP ET LOGIQUES DISCIPLINAIRES EN SCIENCES DE LA VIE : UNE PERSPECTIVE STRUCTURALE ET RELATIONNELLE	152
1.1 LE POUVOIR DES PROFESSEURS : QUATRE TYPES DE CAPITAUX	154
1.2 AUTONOMIE RELATIVE ET FRONTIÈRES DISCIPLINAIRES : QUATRE QUESTIONS DE RECHERCHE.....	155
2. L'ESPACE DES PROFESSEURS DE BIOLOGIE ET DE CHIMIE (1957-2000)	159
2.1 DONNÉES ET INDICATEURS DE L'ACM	160
2.1.1 <i>Echantillon des professeurs</i>	160
2.1.2 <i>Opérationnalisation des capitaux : les variables actives</i>	165
2.1.3 <i>Les variables supplémentaires</i>	169
2.2 LA STRUCTURE DYNAMIQUE DE L'ESPACE DES PROFESSEURS	170
2.2.1 <i>Nuage des modalités actives</i>	170
2.2.2 <i>Nuage des individus : cohortes, nationalités, âge de stabilisation en Suisse et disciplines</i>	173
2.2.3 <i>Les sous-disciplines dans le temps</i>	179
2.3 QUATRE PROFILS DE PROFESSEURS	183
2.4 L'HÉTÉROGÉNÉITÉ DU PROFIL DES FEMMES PROFESSEURES.....	188
2.5 LES ESPACES DISCIPLINAIRES : GRANDES SIMILARITÉS ET PETITES DIFFÉRENCES	193
2.5.1 <i>L'espace des professeurs de biologie</i>	194
2.5.2 <i>L'espace des professeurs de chimie</i>	197
2.6 L'ANCRAGE DES PARTICULARITÉS DISCIPLINAIRES DANS LA STRUCTURES DE L'ESPACE DES PROFESSEURS	201

3. LA STRUCTURE DES CARRIÈRES COMME INDICATEUR DES HIÉRARCHIES SCIENTIFIQUES ?	204
3.1 ANALYSE DE SÉQUENCES : DESCRIPTION DE L'ALPHABET	205
3.2 LA STRUCTURE GÉNÉRALE ET LES GRANDES ÉTAPES DES CARRIÈRES DES PROFESSEURS	206
3.3 SIX GRANDS TYPES DE CARRIÈRES	209
3.3.1 Description générale à l'aide de quelques cas illustratifs.....	211
3.3.2 Des carrières féminines plus standardisées et plus lentes que les carrières masculines.....	213
3.2.3 Deux types d'internationalité	216
3.2.4 Représentativité des types de carrières dans les cohortes	218
3.4 LES CARRIÈRES PEUVENT-ELLES EXPLIQUER LES PROFILS DES PROFESSEURS ?	220
4. AUTONOMISATION DE L'ESPACE : RENFORCEMENT DES LOGIQUES SCIENTIFIQUES ET INTERNATIONALES	224
5. ANNEXES	228
5.1 ECHANTILLON DES PROFESSEURS (1957-2000).....	228
5.2 MODALITÉS CONTRIBUTIVES DE L'ACM PRINCIPALE	230
5.3 MODALITÉS CONTRIBUTIVES DE LA CSA POUR LES PROFESSEURS DE BIOLOGIE (N=393)	232
5.4 MODALITÉS CONTRIBUTIVES DE LA CSA POUR LES PROFESSEURS DE CHIMIE (N=249)	234
5.5 DISTRIBUTION DES MODALITÉS DANS LES CLUSTERS	236
5.6 CONTRIBUTIONS DES MODALITÉS AUX CLUSTERS	238
5.7 COMPOSITION DES TYPES DE CARRIÈRES	240
5.8 SÉQUENCES DES CARRIÈRES DES FEMMES PROFESSEURES	242
5.8.1 Représentation des séquences des femmes professeures (N=25).....	242
5.8.2 Fréquences d'occupation des états pour les femmes et les hommes (en %)	242
5.8.3 Durées moyennes des états pour les femmes et les hommes	242
CHAPITRE 5. DES SCIENCES EN RÉSEAU. INTERDISCIPLINARITE, CAPITAL SOCIAL ET POSITIONS DE POUVOIR	243
1. COLLABORATIONS SCIENTIFIQUES ET INTERDISCIPLINARITÉ : LE CAS DES PROJETS FINANCÉS PAR LE FNS	244
1.1 INTERDISCIPLINARITÉ ET DISCIPLINES	245
1.2 CAPITAL SOCIAL, RÉSEAUX ET MULTIPLICATION DES RESSOURCES	247
1.3 DEUX AXES DE QUESTIONNEMENT	249
2. MESURER L'INTERDISCIPLINARITÉ ET LE CAPITAL SOCIAL À TRAVERS LES PROJETS DE RECHERCHE DU FNS : STRATÉGIE, DONNÉES ET MÉTHODES	251
2.1 DE LA BASE « P3 » AU RÉSEAU DES PROFESSEURS DE 1980 ET 2000.....	252
2.2 LES DONNÉES SUR LES PROFESSEURS : PROJETS, PROFILS, CARRIÈRES ET DISCIPLINES.....	253
2.3 LES INDICATEURS DE L'INTERDISCIPLINARITÉ ET DU CAPITAL SOCIAL	259
2.3.1 Les trois indicateurs de l'interdisciplinarité.....	259
2.3.2 Les trois indicateurs du capital social	260
2.3.3 Les indicateurs du capital scientifique.....	260
3. LA STRUCTURE DISCIPLINAIRE DU RÉSEAU DES PROJETS DE RECHERCHE	260
3.1 RÉSEAU TOTAL DES PROJETS DE RECHERCHE	261
3.2 LE RÉSEAU DES PROFESSEURS DE 1980	268
3.2.1 La structure du réseau des professeurs de 1980.....	268
3.2.2 Le degré d'interdisciplinarité des professeurs de 1980	270
3.2.3 Le capital social des professeurs de 1980	271
3.3 LE RÉSEAU DES PROFESSEURS DE 2000	274
3.3.1 La structure du réseau des professeurs de 2000.....	275
3.3.2 Le degré d'interdisciplinarité des professeurs de 2000	277
3.3.3 Le capital social des professeurs de 2000	277
3.4 LES DÉTERMINANTS DE L'INTERDISCIPLINARITÉ ET LA DISTRIBUTION DU CAPITAL SOCIAL.....	280
4. INTERDISCIPLINARITÉ ET CAPITAL SOCIAL COMME RESSOURCES DE POUVOIR	282
4.1 DONNÉES ET INDICATEURS.....	283
4.1.1 Retour sur les résultats de l'ACM des professeurs	283
4.1.2 Variables supplémentaires	284
4.2 DISTINCTIONS DISCIPLINAIRES : LES TROIS MESURES DE L'INTERDISCIPLINARITÉ.....	286
4.2.1 Projection du degré d'interdisciplinarité	286
4.2.2 Projection des disciplines des projets	288
4.2.3 Projection des disciplines des co-requérants	290
4.3 INTERDISCIPLINARITÉ, CAPITAL SOCIAL ET PROFILS DES PROFESSEURS	293
4.3.1 La caractérisation des profils des professeurs de 1980	293
4.3.2 La caractérisation des profils des professeurs de 2000	295

5. L'ANCRAGE DISCIPLINAIRE DE L'INTERDISCIPLINARITÉ	298
6. ANNEXES.....	302
6.1 NOMMENCLATURE DE LA DISCIPLINE DES PROJETS	302
6.2 INDICATEURS DU RÉSEAU GÉNÉRAL PAR DISCIPLINE ET PAR COHORTE	305
6.2.1 <i>Moyenne des scores du capital social par discipline</i>	305
6.2.2 <i>Moyenne des scores du capital social par discipline et par cohorte</i>	305
6.3 INDICATEURS DU CAPITAL SOCIAL DES PROFESSEURS.....	307
6.3.1 <i>Cohorte de 1980</i>	307
6.3.2 <i>Cohorte de 2000</i>	308
6.4 VARIABLES SUPPLÉMENTAIRES.....	309
6.5 DISTRIBUTION DU CAPITAL SOCIAL DANS L'ESPACE DES PROFESSEURS	311
6.5.1 <i>Distribution des trois indicateurs de capital social</i>	311
6.5.2 <i>Taille du réseau personnel</i>	311
6.5.3 <i>Centralité d'intermédiarité</i>	312
6.5.4 <i>Centralité de vecteur propre</i>	312
6.6 CARACTÉRISATION DES PROFILS DES PROFESSEURS.....	313
6.6.1 <i>Caractérisation des profils des professeurs de 1980</i>	313
6.6.2 <i>Caractérisation des profils des professeurs de 2000</i>	316
 CHAPITRE 6 : TRANSFORMATIONS D'UNE HAUTE ECOLE ENTRE LOGIQUES SCIENTIFIQUES ET ENTREPRENEURIALES. LE CAS DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE (1980-2010).....	319
1. L'ENJEU DES TRANSFORMATIONS VERS L'UNIVERSITÉ ENTREPRENEURIALE	320
1.1 RECHERCHE <i>FONDAMENTALE</i> ET <i>APPLIQUÉE</i> : LES HAUTES ÉCOLES TECHNIQUES ENTRE LOGIQUES SCIENTIFIQUES ET ENTREPRENEURIALES	321
1.1.1 <i>Académisation et renforcement des logiques scientifiques</i>	322
1.1.2 <i>Logiques entrepreneuriales et liens avec le secteur privé</i>	325
1.2 LES CONSÉQUENCES DES TRANSFORMATIONS SUR LES CARRIÈRES DES PROFESSEURS : TROIS HYPOTHÈSES	326
2. LE CAS DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE	329
3. STRATÉGIE DE RECHERCHE ET DONNÉES SPÉCIFIQUES AU CHAPITRE	333
3.1 ÉCHANTILLON DES PROFESSEURS DE L'EPFL (1980-2010).....	334
3.2 VARIABLES	335
3.3 STRATÉGIE MÉTHODOLOGIQUE.....	338
4. ACADÉMISATION ET RENFORCEMENT DES LIENS AVEC LE SECTEUR PRIVÉ.....	339
4.1 UNE TENDANCE GÉNÉRALE À L'ACADÉMISATION	339
4.2 UNE TRANSFORMATION DES LIENS EXTRA-ACADÉMIQUES.....	342
5. DES CARRIÈRES PROFESSORALES ENTRE SPHÈRES ACADÉMIQUE ET PRIVÉE	346
5.1 TENDANCES GÉNÉRALES	346
5.2 ÉVOLUTION DE LA STRUCTURE DES CARRIÈRES.....	348
5.2.1 <i>Carrières d'excellence académique</i>	349
5.2.2 <i>Carrières de séniorité</i>	350
5.2.3 <i>Carrières parallèles</i>	351
5.2.4 <i>Carrières de conversion</i>	352
5.3 DES PROFILS DIFFÉRENCIÉS SELON LE TYPE DE CARRIÈRE	354
5.4 DES PROFESSEURS ENTRE RECHERCHE <i>PURE</i> ET <i>APPLIQUÉE</i>	357
5.4.1 <i>L'espace des professeurs</i>	357
5.4.2 <i>Cohortes, lieu du poste de professeur assistant et mandats économiques</i>	360
6. L'UNIVERSITÉ ENTREPRENEURIALE, ENTRE DYNAMIQUES PARALLÈLES D'ACADÉMISATION ET DE MANAGERIALISATION	364
7. ANNEXES.....	367
7.1 ÉCHANTILLON DES PROFESSEURS DE L'EPFL.....	367
7.2 RECAPITULATIF DE LA COMPOSITION DES TYPES DE CARRIÈRES PAR COHORTE (EN %).....	368
7.3 CONTRIBUTION DES MODALITÉS À LA FORMATION DES AXES DE L'ACM SPÉCIFIQUE	369
 CONCLUSION	370
BIBLIOGRAPHIE.....	380

Index des tableaux et des figures

Tableau 2.1 Echantillon des professeurs de biologie et de chimie (1910-2000).....	61
Tableau 2.2 Effectifs des professeurs selon la discipline et l'université (1910-2000).....	62
Tableau 2.3 Indicateurs récoltés pour l'analyse des professeurs de biologie et de chimie	63
Encadré 3.1 Un exemple de conflit entre firmes privées	95
Encadré 3.2 Le DDT comme exemple des enjeux politiques et économiques des sciences naturelles	96
Tableau 3.1 Distribution des chaires par date et par discipline en % (1910-2000).....	106
Figure 3.1 Disciplines par cohorte (en % sur le total de la cohorte)	106
Tableau 3.2 Disciplines des sciences naturelles médicales	107
Tableau 3.3 Part des chaires de biologie et de chimie selon le type de faculté (en %)	108
Figure 3.2 Sous-discipline par cohorte (en % sur le total de la cohorte)	108
Figure 3.3 Chaires de biologie I et biologie II (en % sur le total des chaires de biologie par cohorte)	109
Figure 3.4 Domaines et échelles des chaires de biologie (en %)	110
Figure 3.5 Chaires selon les échelles (en % sur le total des chaires de biologie par cohorte).....	111
Figure 3.6 Sous-disciplines de la chimie (en % sur le total des chaires par cohorte).....	112
Figure 3.7 Chaires selon les échelles (en % sur le total des chaires de chimie par cohorte).....	113
Tableau 3.4 Disciplines des recteurs (en % du total pondéré par la distribution des disciplines)	115
Tableau 3.5 Disciplines des recteurs pour la biologie et la chimie (N=35)	116
Tableau 3.6 Disciplines des doyens des facultés des sciences (N=320).....	117
Figure 3.8 Proportion pondérée des doyens biologistes et chimistes (1921-2000)	118
Figure 3.9 Disciplines des doyens des facultés des sciences (en % par université)	119
Tableau 3.7 Les sections de l'Académie suisse des sciences naturelles	122
Figure 3.10 Evolution des sociétés spécialisées de l'ASSN (1950-2000).....	122
Tableau 3.8 Effectifs du Comité central de l'ASSN entre 1941 et 2000 (N=128 mandats)	126
Tableau 3.9 Discipline des membres académiques du Comité central de l'ASSN (N=84 individus).....	126
Tableau 3.10 Discipline des membres académiques du Comité central de l'ASSN par cohorte (N=122 mandats pour les membres de la sphère académique).....	127
Tableau 3.11 Nombres absolus de projets financés par instrument entre 1975 et 2015 (N=48'587)	131
Tableau 3.12 Part du montant des financements accordés par instrument et par cohorte (en %).....	131
Figure 3.11 Nombre de projets et montant moyen des projets par discipline et par cohorte (en %)	132
Tableau 3.13 Nombre de projets PNR et PPR par discipline et part du financement total (en %).....	133
Tableau 3.14 Effectifs des membres du Conseil national de la recherche du FNS (1941-2000)	134
Tableau 3.15 Discipline des membres académiques du Conseil national de la recherche (N=235)	135
Tableau 3.16 Répartition des mandats au Conseil national de la recherche par cohorte (N=354)	135
Tableau 4.1 Effectifs des professeurs aux dates de 1957, 1980 et 2000.....	160
Figure 4.1 Nationalités des professeurs (en %) sur le total de la cohorte (N=734).....	162
Figure 4.2 Distribution des âges lors de la première stabilisation en Suisse (N=734)	163
Tableau 4.2 Nombre de professeurs par sous-disciplines (N=734)	164
Figure 4.3 Sous-disciplines pour 1957, 1980 et 2000 (en % sur le total par année)	164
Tableau 4.3 Récapitulatif des variables actives de l'ACM	169
Tableau 4.4 Variance et taux modifiés	171
Figure 4.4 Espace des professeurs de biologie et de chimie (1957-2000).....	171
Encadré 4.1 Contributions des variables et modalités actives aux axes de l'ACM	172
Figure 4.5 Nuage des individus et ellipses des années.....	174
Figure 4.6 Ellipses de concentration des nationalités par région linguistique	175
Figure 4.7 Distribution des âges de stabilisation en Suisse	176
Figure 4.8 Ellipses de concentration des quatre disciplines principales	177
Figure 4.9 Projection des sous-disciplines (1957-2000)	178
Figure 4.10 Projection des sous-disciplines par année.....	180
Figure 4.11 Projection des échelles par année pour les professeurs de biologie	182
Figure 4.12 Clustering sur 3 axes : Ellipses de concentration des individus.....	184
Encadré 4.2 Quatre figures illustratives des profils.....	186
Figure 4.13 Professeurs dans les clusters selon les années (en % sur l'effectif du cluster)	187
Figure 4.14 Distribution des professeurs selon le sexe (ellipses de concentration)	190
Figure 4.15 Positions occupées par les professeurs dans le nuage des individus.....	191
Figure 4.16 CSA des professeurs de biologie : nuage des modalités actives (axes 1 et 2)	194
Encadré 4.3 Contributions des variables et modalités à la CSA des professeurs de biologie.....	195
Figure 4.17 Projection des quatre profils et de quelques figures dans l'espace de la biologie.....	196
Figure 4.18 CSA des professeurs de chimie : nuage des modalités actives (axes 1 et 2)	198
Encadré 4.4 Contributions des variables et des modalités à la CSA des professeurs de chimie	198

Figure 4.19 Projection des quatre profils et de quelques figures dans l'espace de la chimie	199
Tableau 4.5 Coefficients d'association entre les axes des CSA et de l'ACM	201
Figure 4.20 Distribution des états (Index plot)	207
Figure 4.21 Proportion des états de carrières en pourcentages par cohorte de première présence	208
Figure 4.22 Dendrogramme du partitionnement et silhouette (ASWw et HC)	209
Figure 4.23 Distribution des états par âge pour les six clusters (en %)	210
Figure 4.24 Fréquence des états pour les femmes et les hommes professeur.e.s	214
Figure 4.25 Deux femmes professeures avec des carrières masculines	215
Tableau 4.6 Durées moyennes des états par type de carrière (en années)	216
Tableau 4.7 Fréquence des états à 40 ans pour chaque type de carrière (en %)	217
Tableau 4.8 Fréquence des états à 50 ans pour chaque type de carrière (en %)	218
Tableau 4.9 Distribution des types de carrières dans les cohortes de nomination (en %)	219
Tableau 4.10 Distribution des types de carrières dans les profils des professeurs (en %)	220
Tableau 4.11 Régressions logistiques en quatre modèles basés sur les profils des professeurs	222
Figure 5.1 Distribution du nombre de projets et du montant total des financements selon la cohorte	254
Figure 5.2 Distribution du nombre de projets selon la nationalité des professeurs	255
Figure 5.3 Distribution du nombre de projets par type de carrières (par ordre des moyennes)	256
Figure 5.4 Distribution du nombre de projets selon la typologie des profils des professeurs (par ordre des moyennes)	257
Figure 5.5 Distribution du nombre de projets et des financements selon les disciplines de 1980 (par ordre des moyennes)	257
Figure 5.6 Distribution du nombre de projets et des financements selon les disciplines de 2000 (par ordre des moyennes)	258
Figure 5.7 Réseau total des projets de collaboration par projet (principale composante connexe)	262
Tableau 5.1 Qualification des liens entre les projets (en %) N = 259'621	263
Figure 5.8 Distribution de la centralité de degré par discipline	264
Figure 5.9 Distribution de la centralité d'intermédiarité par discipline	265
Figure 5.10 Distribution de la centralité de vecteur propre par discipline	266
Tableau 5.2 Coefficients de corrélation entre les mesures de centralité (Pearson)	267
Figure 5.11 Réseau des professeurs de 1980 (principale composante connexe)	269
Figure 5.12 Répartition des requérants élites de 1980 dans les projets selon la discipline (en %)	270
Figure 5.13 Degré d'interdisciplinarité selon les sous-disciplines (par ordre des moyennes)	271
Tableau 5.3 Coefficients de corrélation entre les indicateurs de capital social et de capital scientifique	272
Tableau 5.4 Régression ordinale sur le degré d'interdisciplinarité des professeurs de 1980	273
Figure 5.14 Réseau des professeurs de 2000 (principale composante connexe)	275
Figure 5.15 Répartition des requérants élites de 2000 dans les projets selon la discipline (en %)	276
Figure 5.16 Degré d'interdisciplinarité selon les sous-disciplines	277
Tableau 5.5 Coefficients de corrélation entre les indicateurs de capital social et de capital scientifique	278
Tableau 5.6 Régression ordinale sur le degré d'interdisciplinarité des professeurs de 2000	279
Figure 5.17 L'espace des professeurs de biologie et de chimie (1957-2000)	283
Figure 5.18 Projection du degré d'interdisciplinarité pour 1980 et 2000	286
Figure 5.19 Projection de la discipline des projets pour 1980 et 2000	289
Figure 5.20 Projection de la discipline des co-requérants pour 1980 et 2000	291
Tableau 5.7 Répartition des modalités dans les quatre types de profils (1980)	294
Tableau 5.8 Répartition des modalités dans les quatre types de profils (2000)	296
Tableau 6.1 Equivalence de la nomenclature des départements et des nouvelles facultés	332
Tableau 6.2 Effectifs des professeurs par cohorte (N=471)	334
Tableau 6.3 Effectifs des professeurs par cohorte et par faculté	335
Tableau 6.4 Professeurs détenteurs d'un titre de doctorat (en % sur le total de la cohorte)	339
Tableau 6.5 Pays du doctorat sur le total de doctorats par cohorte (en %)	340
Figure 6.1 Lieu du poste de professeur assistant	341
Figure 6.2 Nationalités (en % du nombre total de professeurs par cohorte)	341
Tableau 6.6 Représentativité des disciplines aux trois dates	342
Tableau 6.7 Professeurs ayant passé au moins une année extra-académique avant la nomination	343
Tableau 6.8 Professeurs ayant occupé au moins une position non exécutive dans le conseil d'administration d'une firme privée	343
Tableau 6.9 Nombre de <i>spin-off</i> fondées par des membres de l'EPFL entre 1973 et 2015 (N=265)	344
Encadré 6.1 : Les <i>spin-off</i> de l'EPFL	344
Tableau 6.10 Nombre de <i>spin-off</i> par secteur d'activité et par cohorte	344
Tableau 6.11 Disciplines des professeurs possédant un mandat dans au moins une <i>spin-off</i>	345
Figure 6.3 Distribution générale des séquences pour les trois cohortes (1980, 2000 et 2010)	347
Tableau 6.12 Fréquences des états par âge et par cohorte (en %)	347

Tableau 6.13 Durée moyenne par état pour chaque cohorte (en années)	348
Figure 6.4 Carrières d'excellence académique : distribution des états	349
Tableau 6.14 Fréquences des états par âge et par cohorte pour le type <i>excellence académique</i> (en %)	350
Figure 6.5 Carrières de séniorité : distribution des états	350
Tableau 6.15 Fréquences des états par âge et par cohorte pour le type <i>séniorité</i> (en %)	351
Figure 6.6 Carrières parallèles : distribution des états	351
Tableau 6.16 Fréquences des états par âge et par cohorte pour le type <i>parallèle</i> (en %)	352
Figure 6.7 Carrières de conversion : distribution des états	352
Tableau 6.17 Fréquences des états par âge et par cohorte pour le type <i>conversion</i> (en %)	353
Figure 6.8 Importance relative des types de carrières en pourcentage par cohorte	354
Tableau 6.18 Valeurs propres, variance et taux modifiés	357
Figure 6.9 Espace des carrières des professeurs : nuage des modalités (1980, 2000, 2010)	358
Encadré 6.2 Contributions des variables et modalités actives aux axes de l'ACM	359
Figure 6.10 Nuage des individus : projection des cohortes (1980, 2000, 2010)	361
Figure 6.11 Nuage des individus : projection du lieu du poste de professeur assistant	362
Figure 6.12 Nuage des individus : projection des mandats économiques	363

Remerciements

Au cours des cinq dernière années, j'ai pu rencontrer de nombreuses personnes qui m'ont aidées, conseillées, soutenues, ont nourri ma curiosité et qui ont, toutes à leur manière, contribué à la réalisation du présent travail. Je souhaite ouvrir ces quelques pages en adressant à mes deux directeurs de thèse, Felix BÜHLMANN et André MACH, mes plus chaleureux et mes plus sincères remerciements. Votre encadrement, votre disponibilité et l'attention que vous avez portée à l'ensemble de mon parcours forcent l'admiration, et il ne fait aucun doute que c'est d'abord grâce à vous que je peux aujourd'hui mettre un point final à cette aventure. Ma reconnaissance pour votre travail en tant qu'encadrants est sans limite, et je ne sais comme exprimer tout le bien que je pense de vous. Vous m'avez appris ce que vous saviez sans jamais vous restreindre et vous avez toujours su être bienveillants, même lorsque mes rendus ont pu être très inachevés, mal cadrés, et très en retard. C'est véritablement grâce à vous que j'ai pu acquérir toutes ces compétences car, au-delà de la transmission de vos propres compétences, des plus transversales aux petits *trucs* si pointus, vous n'avez eu de cesse de me pousser vers d'autres horizons, d'autres personnes, d'autres écoles, d'autres conférences et encore d'autres écoles de méthodes. Felix, tu m'as toujours fait confiance, que ce soit pour les articles que nous avons écrits ou les enseignements pour lesquels j'ai pu t'assister. Tu m'as enseigné la réflexivité, tu m'as appris à cadrer mon propos, à ne pas m'éparpiller et tu m'as encadré jusqu'à la réalisation de productions scientifiques finalisées, ce qui n'était pas une mince affaire. Tu m'as soutenu moralement dans les moments les plus difficiles et tu m'as témoigné une bienveillance indéfectible dont je ne te remercierai jamais assez. André, mon respect pour toi est difficilement réductible à ces quelques mots. Ta vue d'ensemble et ta connaissance encyclopédique des élites en Suisse m'ont énormément fait progresser, de même que le recul dont tu fais preuve face aux enjeux du travail scientifique m'a maintenu à distance des facilités techniques et d'interprétation. J'ai d'abord été ton étudiant en analyse sociale des phénomènes économiques, puis en sociologie des élites, un cours pour lequel j'ai fini par vous assister, Thomas David et toi, lors de mon premier semestre en tant que doctorant. Tu auras été mon professeur, puis mon directeur de mémoire et, enfin, mon co-directeur de thèse, et tu n'auras jamais cessé de m'apporter ton expérience doublée d'un soutien inestimable, à chaque fois que j'en ai eu besoin. Comme les deux faces d'une même pièce, le binôme que vous avez formé et qui m'a servi de modèle durant mon parcours continuera de constituer pour moi une base extrêmement solide pour les années à venir.

Je souhaite également remercier les membres de mon jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail. Unanimement, vous avez parcouru mon manuscrit de façon très attentive, je dirais jusqu'entre les lignes, pour y adresser des commentaires visant non seulement à en clarifier des zones d'ombre et en améliorer l'argumentation, mais aussi à m'encourager à renforcer des aspects encore peu mis en avant. Pour cette lecture si pointue et bienveillante, je tiens à vous témoigner toute ma reconnaissance. Yves GINGRAS, je vous ai beaucoup lu tout au long de l'élaboration de cette thèse, au point où sa problématique générale repose largement sur votre contribution à l'histoire et la sociologie des sciences. Je souhaiterais vous témoigner toute ma gratitude pour avoir d'abord nourri de passionnantes discussions lors de notre rencontre à Cargèse, puis pour avoir accepté de participer à l'évaluation de ce travail. Pierre MERCKLE, ma première rencontre avec toi s'est faite par l'intermédiaire de ton livre consacré aux réseaux sociaux que j'ai lu, presque en entier, alors que je me voyais investi contre mon gré de la mission de veiller sur une barrière routière dans le cadre de mon service obligatoire de protection civile à la ville de Lausanne, et durant laquelle il était formellement interdit de lire. Depuis, nous nous sommes rencontrés à maintes reprises, à l'Université de Lausanne, à l'ENS

de Lyon, à la semaine du CNRS à Cargèse où tu nous avais invités, Thierry et moi, à venir présenter notre travail en cours sur la dimension biographique des réseaux des professeurs. J'ai beaucoup de plaisir à voir incarné, dans cette thèse, le résultat de toutes ces discussions. Pour toutes les connaissances que tu m'as transmises et pour avoir cru en ce travail, je tiens à te remercier de la manière la plus sincère qui soit. Muriel SURDEZ, je vous remercie d'avoir accepté de participer à mon jury, et ce sans me connaître. Lors du colloque privé, vous m'avez adressé des remarques extrêmement pertinentes et votre regard surplombant les limites mais aussi les apports de mon travail a grandement participé à son amélioration. Thomas DAVID, je reste admiratif de tes interventions, qu'elles aient pu prendre place lors de cours dont tu étais en charge, lors de séances d'évaluation de travaux de séminaires, lors de réunions de l'Observatoire des élites suisses comme lors de discussions informelles, interventions toujours d'une justesse absolument remarquable. Tu l'as prouvé encore une fois lorsque tu as apporté tes critiques au premier manuscrit, et je tiens à te remercier pour ton engagement, la franchise de ta lecture, et la pertinence de tes commentaires.

Durant cinq ans, j'ai partagé ma place de travail avec diverses personnes, dont trois méritent d'être mentionnées avant toutes les autres. Thierry ROSSIER, il n'y aura jamais assez de place ici pour développer le fleuve de remerciements dont j'aimerais te faire part. Tu n'es pas seulement un camarade exceptionnel doublé d'un regard sociologique redoutable, tu es un véritable ami. Je pense que c'est en grande partie grâce à toi que j'ai renoué avec les bancs de l'université, toi qui as pris le temps de me convaincre de tenter ma chance à nouveau. Nos parcours ont de similaire ce que nos goûts musicaux ont tendance à s'opposer. Nous étions déjà très proches lors de nos études, nous avons « partagé » le même directeur de mémoire, puis les mêmes co-directeurs de thèse. Nous avons tous deux enseigné dans les écoles avant de revenir à l'université pour (re)rencontrer notre autre ami de toujours qu'est Pierre Bourdieu. Nous avons organisé un séminaire doctoral au sein duquel, de mois en mois, nous avons approfondi notre connaissance de son œuvre par sa résonance dans la sociologie en général. De Final Fantasy xv à La Distinction, de l'analyse de séquences à celle des correspondances et des réseaux, tu n'as eu de cesse de partager avec moi ta pensée lumineuse et la clarté de ton raisonnement, au même titre que les chambres d'hôtel, les billets d'avion, de train et les places dans les auditoriums des conférences comme des écoles d'été. Le fruit de tous ces échanges a maintenant pris une forme tangible par l'intermédiaire de cette thèse. Ornella LARENZA et Guillaume RUIZ, vous avez été plus merveilleux que les meilleurs compagnons de bureau que j'aurais pu imaginer. Nous avons partagé des moments magnifiques, très souvent joyeux et parfois plus tristes, mais toujours dans une belle camaraderie qui a été un cadre idyllique durant ces quelques années. Deux machines à produire un travail à mon sens exceptionnel, deux personnalités dont l'écoute et le soutien ont largement dépassé les frontières de notre activité professionnelle, et à qui je souhaite témoigner toute mon affection. Lena AJDACIC, même si nous avons eu moins de temps pour approfondir nos échanges, je te remercie de tout cœur pour avoir été particulièrement disponible et compréhensive, alors que tu m'as accompagné durant la période de rédaction la plus intense et la plus difficile.

Vous êtes si nombreux, chers et chères collègues souvent devenu.e.s ami.e.s, ex-collègues et toujours ami.e.s, parfois même ami.e.s devenu.e.s collègues, que je ne saurais vous adresser à chacun.e l'entièreté des profonds remerciements que je voudrais vous adresser. J'aurais aimé les exprimer en adressant à chacun.e un paragraphe complet, et j'espère que vous accepterez ces prochaines lignes comme un sincère témoignage de ma reconnaissance. Pedro ARAUJO, Kevin TOFFEL et Anne-Sophie DELVAL, vous faites partie des membres les plus assidus de notre communauté locale de sociologie des champs appliquée, et je vous dois énormément. Vous avez abondamment nourri mes réflexions et il est certain que sans vous et sans nos ardentes discussions, quelque chose aurait manqué dans ma compréhension de la sociologie générale.

Je tiens à remercier toute l'équipe de l'Observatoire des élites suisses de l'Université de Lausanne pour sa disponibilité, son sens de la camaraderie et son désintéressement tout à fait agréable de la concurrence entre membres. Evoluer dans un tel cadre m'aura été extrêmement bénéfique, car c'est entouré d'une bienveillance unanimement partagée que j'ai pu avancer sereinement, pas après pas, dans la construction de ce travail. Steven PIGUET, Steven EICHENBERGER, Stéphanie GINALSKI, Andrea PILOTTI, Karim LASSEB, Roberto DI CAPUA, Alix HEINIGER, Pierre EICHENBERGER et Marion BEETSCHEN, je vous prie d'accepter, aux côtés des autres membres déjà cités, mes remerciements les plus sincères. Durant ces années, vous m'avez toutes et tous aidé, accompagné, suivi, supporté, et je tiens à vous adresser toute ma gratitude pour cela : Pierre BATAILLE, Pierre BLAVIER, Julie FALCON, Martin GRANDJEAN, Martin BENNINGHOFF, Amal TAWFIK, Philippe LONGCHAMP, Michaël CORDEY, Elsa GIMENEZ, Caroline CHAUTEMS, Tsering MCKENZIE, Iris MEYER, Maïlys KORBER, Nadia GIRARDIN, Andrès GUARIN, Nora DASOKI, Boris BEAUDE, Nicolas BAYA LAFITTE, Marta ROCA I ESCODA, Marieke VOORPOSTEL, Pablo Andrés DIAZ VENEGAS, Alexandra STAM, Brian KLEINER, Fabien ELOIRE, François-Xavier DUDOUET, Tobias DALBERG, Mikael BÖRJESSON, Philippe SANER, Mattia EGLOFF, Fabien FOUREAULT, Adrien D'ERRICO, Dinah GROSS, Jérôme BLONDE, Olivier ROBERT, Sam FRIEDMAN, Philippe BLANCHARD, Laurent BEAUGUITTE, Brigitte LE ROUX, Philippe BONNET, Jens MAESSE, Stephan PÜHRINGER, et toutes celles et tous ceux que, je vous prie de m'en excuser, j'aurai omis de mentionner. Merci aussi aux membres du Corps des assistant.e.s de l'Institut des sciences sociales de l'Université de Lausanne au sein duquel mon mandat s'achève avec la fin cette thèse : Lucile FRANZ, Marie SAUTIER, Anna EHSAN, Nicolas SOMMET, Noëllie GENRE, Charlène CALDERARO, Patrick McDONALD, Jad MOAWAD, Austėja CEPUSKAITE, Robin CASSE, Soline BLANCHARD et Dagna RAMS, continuez à vous battre !

Merci à vous, mes amies et amis de toujours qui ont su, comme on dit, et je ne vous remercierai jamais assez pour ça : Lucas RAPPO, Damian CLAVEL, Evelyne TORNARE, Alessio CHRISTEN, Pieric COTTENS, Grégoire MICHIELIN, Pierre MOREL, Gabriel GONZALES CARBAJO, Valérie ROHRBACH, Jan ROHRBACH, Nicolas BUNTSCHU, Yves BERSET, Adrien GAILLARD, Adrien QUARTENOUD, Philippe HUMBERT, Pierre GENDRE, Julien CHAVAILLAZ, Sergio DA SILVA, Pascal COLLET, Pascal ROSSET, Maurice TSCHOPP et Sébastien MISEREZ, vos noms préfigurent une liste bien plus vaste des amies et amis à qui je témoigne toute mon affection.

Ces remerciements ne seraient pas complets sans l'immense merci que je souhaite adresser à ma famille pour son soutien et sa confiance inébranlables. Merci du fond du cœur d'avoir été là pour moi, de m'avoir longuement écouté me questionner, de m'avoir éclairé sur les différents domaines de la biologie et de la chimie (merci Martin !), d'avoir minutieusement pointé les coquilles de ce conséquent travail. Daria, du haut de tes dix mois au moment d'achever celui-ci, je pense que tu m'as formé au moins autant que mes directeurs. Grâce à toi, j'ai pu développer des facultés organisationnelles hors du commun, en l'absence desquelles je serais certainement toujours en train de parfaire mes lignes de codes sans avoir écrit une seule ligne de texte. Tu m'as accompagné en balade et soutenu dans ma rédaction lors de tes siestes au parc de Valency, comme lors de nos pauses poussette tôt le matin au café de l'A-T-E-L-I-E-R. Plus important, tu m'as montré comment intégrer ce conséquent travail de thèse dans la structure de notre quotidien, et tu m'as doté de toutes les cartes dont j'avais besoin pour relativiser ce qui avait besoin de l'être. Plus important encore, tu as fait de moi le plus heureux papa du monde. Je t'aime. Alexandra, les mots viennent à manquer pour exprimer toute ma reconnaissance pour l'indéfectible soutien que tu m'as apporté durant cette thèse (à charge de revanche, la tienne est pour bientôt !). Nous avons autant pu confronter les perspectives bourdieusiennes et foucaaldiennes aux pratiques imaginaires que nous avons pu engager nos capacités réflexives sur des objets tout à fait appliqués : du rôle de la structure sociale sur l'habitus des professionnels de santé à l'insertion de nos intuitions et gestes parentaux dans le continuum du parentage distal au proximal. Le plus important reste dans les choses qui ne s'analysent pas, qui se ressentent si intensément qu'elles ne peuvent trouver leur forme dans les mots. Pour cette complicité qui se renforce jour après jour, pour l'intensité de notre amour, je te suis pour toujours reconnaissant. Je t'aime.

Introduction et questions de recherche : des disciplines de pouvoir dans le « siècle du gène »

« L'analyse des projets de recherche et de rationalisation génétique des humains, microbes, plantes et animaux offre ainsi une fenêtre privilégiée pour comprendre la fabrique des différents régimes politiques du xx^e siècle et décloisonner l'histoire des sciences en intégrant les grands objets de l'histoire du siècle. »

Bonneuil (2015 : 230)

En 2017, Jacques Dubochet reçoit le 7^e Prix Nobel de chimie attribué à un professeur ayant exercé en Suisse, après Alfred Werner en 1913, Paul Karrer en 1937, Leopold Ruzicka en 1939, Vladimir Prelog en 1975, Richard R. Ernst en 1991 et Kurt Wüthrich en 2002. Alors que ses prédécesseurs ont tous été professeurs de chimie, Jacques Dubochet est représentant d'une autre discipline¹. Après avoir été directeur de recherche à l'*European Molecular Biology Laboratory* (EMBL) de Heidelberg², il a occupé pendant 30 ans la chaire d'analyse ultrastructurale, une spécialisation dans le domaine de la biologie cellulaire, à l'Université de Lausanne de 1987 à 2007. C'est durant son séjour en Allemagne qu'il entreprend des recherches sur le principe de vitrification de l'eau et participe au développement de la « cryo-microscopie électronique », une technique de biophysique qualifiée de révolutionnaire dans le domaine de la microscopie électronique et qui lui vaudra d'être consacré par la plus importante des distinctions scientifiques³. La nomination d'un chercheur en biophysique au poste de professeur de biologie, puis la consécration de ses travaux par le Prix Nobel de chimie peuvent paraître étonnantes. Elles sont en fait illustratives d'un mouvement progressif d'intégration de la physique, de la chimie et de la génétique au sein de la biologie qui sera à la base de l'affirmation, au cours du xx^e siècle, d'une nouvelle définition des sciences du vivant. L'exemple de Dubochet témoigne ainsi du caractère perméable des frontières des disciplines qui se reconfigurent au gré des innovations techniques, des transformations des pratiques scientifiques et des institutions académiques. Comme le mentionne la page internet du Prix Nobel de chimie, cette discipline est souvent considérée « à la frontière de la biologie et de la physique »⁴. Certaines techniques issues de la chimie et de la physique ont en effet contribué à diversifier la biologie dès la fin du xix^e siècle et participé à l'émergence et la consolidation

¹ Alfred Werner a été professeur de chimie organique à l'Université de Zurich de 1893 à 1919, Paul Karrer a été professeur de chimie inorganique à l'Université de Zurich de 1918 à 1959, Leopold Ruzicka a été professeur de chimie organique à l'EPFZ de 1929 à 1957, Vladimir Prelog a été professeur de chimie organique spéciale à l'EPFZ de 1947 à 1976, Richard R. Ernst a été professeur de chimie physique à l'EPFZ de 1972 à 1998 et Kurt Wüthrich a été professeur de biochimie (biophysique) à l'EPFZ de 1976 à 2003. Source : base « Elites suisses ».

² L'*European Molecular Biology Laboratory* (EMBL) à Heidelberg est une organisation intergouvernementale de recherche consacrée aux sciences de la vie créée en 1974 par l'European Molecular Biology Organization (EMBO) sur le modèle du CERN. Cet « Europe's flagship laboratory for the life sciences » forme des postdoctorants et fonctionne également comme plateforme de coopération avec le secteur industriel. En 2010, elle est évaluée au quatrième rang mondial des instituts dans le domaine de la biologie moléculaire et de la génétique selon le classement de l'Essential Science Indicators database (Thomson Reuters) basé sur le nombre moyen de citation par article publié par des membres du laboratoire. Source : <https://www.embl.de/>.

³ « En permettant de voir les molécules dans leur état natif, Jacques Dubochet a initié une révolution scientifique », affirme Christoph Bauer, directeur de la plate-forme Bioimaging à l'Université de Genève. Source : Le Temps, 4 octobre 2017. Voir aussi : <https://news.embl.de/science/jacques-dubochet-awarded-nobel-prize-for-chemistry/>.

⁴ « Chemistry has a position in the center of the sciences, bordering onto physics, which provides its theoretical foundation, on one side, and onto biology on the other, living organisms being the most complex of all chemical systems. Thus, the fact that chemistry flourished during the beginning of the 20th century is intimately connected with fundamental developments in physics ». Source : https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/themes/chemistry/malmstrom/index.html.

de domaines de recherche comme la physiologie, puis la biologie moléculaire et, plus récemment, la recherche sur le génome humain qui font partie des domaines privilégiés de la définition actuelle des « sciences de la vie ». Cette biologie *physico-chimique* à laquelle sont affiliés les travaux de Dubochet s'inscrit dans la continuité d'un mouvement de « rationalisation » (Gros 1993) et de « molécularisation » (Strasser 2006) de la biologie qui prend forme dans la première partie du xx^e siècle avec l'hybridation partielle des disciplines des sciences naturelles dans les domaines de la biophysique et de la biochimie. Ce mouvement s'est renforcé dans la seconde moitié du xx^e siècle avec la création de nouveaux champs de recherche en biologie davantage axés sur la chimie et la physique du vivant que sur les organismes et les écosystèmes, domaines historiquement rattachés à cette discipline. Plus encore, cette biologie « moderne », ou *biologie II*, gagnera progressivement en importance pour acquérir le statut prestigieux de *Big Science*, rejoignant ainsi la physique au sommet de la hiérarchie des sciences (Strasser 2006, Gingras 2012).

Au-delà de ces questions relatives aux disciplines, Jacques Dubochet retient l'attention par son profil atypique. Le nouveau lauréat ne se présente pas comme une « star » de la science préoccupée par la valorisation de ses recherches sous la forme de résultats commercialisables, à l'image de la figure du scientifique *entrepreneur* caractéristique de la fin du xx^e siècle (Gaudillière 2015, Malissard et al. 2003). Plutôt que de mettre en avant l'aspect novateur de ses travaux, il tient à rendre grâce au caractère collectif et processuel des recherches pour lesquelles il a été nommé aux côtés de Richard Henderson, de l'Université de Cambridge, et de Joachim Frank, de l'Université Columbia à New York. Il marque également par son image de simplicité et son ancrage local. Membre du Conseil communal de la ville de Morges dans le canton de Vaud et avouant se plaire dans le rôle d'homme-sandwich du Parti socialiste⁵, il revient à 76 ans davantage sur sa dyslexie et ses difficultés scolaires que sur les étapes marquantes de son parcours académique. Ce chercheur d'une « ancienne école » (Owen-Smith & Powell 2004) relève l'impact des profonds changements amenés par de nouvelles politiques de la science dans la période récente sur la « nouvelle » génération de chercheurs. Lors d'une interview dans laquelle il revient sur sa carrière, il mentionne : « Contrairement à ce qu'on exige des chercheurs aujourd'hui, je n'ai jamais eu besoin de courir après les publications. J'en ai d'ailleurs un nombre totalement ridicule par rapport aux normes actuelles⁶. J'ai aussi eu le privilège, notamment grâce à la générosité de l'Université de Lausanne, de ne pas avoir à passer mon temps à courir après les financements. Non, j'ai vraiment eu la chance de profiter de conditions de travail exceptionnelles, inimaginables aujourd'hui.⁷ »

Ce que souligne le propos de Dubochet, c'est qu'il existe des « cadres » qui entourent et façonnent les pratiques scientifiques et que, si ces cadres peuvent tendanciellement évoluer, ils n'en demeurent pas moins les structures fondamentales des conditions de la production du savoir. C'est au travers de ces cadres que se définissent les enjeux de la lutte pour l'autorité scientifique, propre aux rapports de pouvoir existant entre les disciplines et les savants eux-mêmes (Bourdieu 2001, Gingras 2012). Le développement sans précédent des sciences de la vie à partir de la seconde moitié du xx^e siècle a participé à transformer ces rapports de force au sein des sciences naturelles, au point que de nombreuses spécialisations disciplinaires se sont regroupées autour du label générique des « sciences du vivant » (Marcovich & Shinn 2011, Gugerli et al. 2010). Ce phénomène a pris une telle ampleur dans

⁵ 24 Heures, 4 octobre 2017.

⁶ Le site de l'Université de Lausanne recense 130 publications liées à Jacques Dubochet, et *Web of Science* comptabilise 115 articles publiés. A titre de comparaison, son directeur de thèse Edouard Kellenberger (1920-2004), qui est également connu pour avoir dirigé la thèse du Prix Nobel Werner Arber, parce qu'il a obtenu le Prix Marcel de Benoist en 1967 et qu'il a été engagé au sein du laboratoire de Jean Weigle à Genève pour mettre au point le premier microscope électronique fabriqué en Suisse puis a été membre fondateur de l'EMBO à Heidelberg (Strasser 2006), en compte le double (237 articles) sur *Web of Science*. Kurt Wüthrich, le précédent Prix Nobel de chimie ayant été professeur en Suisse, en comptabilise 814.

⁷ *Le Temps*, 6 octobre 2017.

la période récente que certains ont cru y voir les signes de la « fin » des disciplines (Gibbons et al. 1994). Le cas de la biologie est illustratif de ces dynamiques tant l'affirmation de la biologie *fonctionnelle* dans la période récente a eu des répercussions non seulement sur l'organisation scientifique et institutionnelle à l'interne de la discipline, mais aussi sur les formes de coopération entre les sphères académique, politique et économique. L'ascension de la biologie comme science dominante est en effet liée autant, d'une part, aux résultats d'une lutte entre ses différentes sous-disciplines pour l'intégration de la physique, de la chimie et de la génétique qu'elle est inhérente, d'autre part, à des décisions politiques et des intérêts économiques qui ont participé à la production d'un discours de promotion et de valorisation de la discipline axé sur la « scientificité » de cette nouvelle biologie⁸ (Stettler 2002, Strasser 2006). La *biologie II* se distingue de la *biologie I* non seulement sur le plan épistémologique, mais surtout par un potentiel de production de résultats commercialisables particulièrement valorisés dans le domaine des applications industrielles. Son intégration notamment dans les secteurs des biotechnologies médicales, pharmaceutiques et agroalimentaires (Leresche et al. 2012 : 179) a fortement favorisé le transfert des connaissances issues de la biologie moléculaire de l'académie vers l'industrie (Reinhardt 2002 : 201).

1. De la « Révolution du gène » vers un nouveau mode de production du savoir

Ainsi, le xx^e siècle porterait bien son nom de « siècle du gène », tant l'histoire des sciences naturelles est marquée par la prédominance d'un discours du « tout génétique » qui a participé, en lui conférant un caractère fondamental et universel, au mouvement d'affirmation d'une biologie « nouvelle » incarnée par la biologie moléculaire et ses dérivés (Bonneuil 2015). Au cours du siècle, le gène est progressivement devenu « l'atome » de la biologie, au carrefour de la chimie et de la génétique. La biologie moléculaire, par l'intégration de techniques et d'approches issues de la chimie et de la physique, engage ainsi la « rationalité » de ces dernières (Strasser 2002 : 28), qui n'est pas sans rappeler le rôle des mathématiques dans l'essor de la physique moderne (Gingras 2003), ou, plus tard, dans celui des sciences économiques (Fourcade 2002). Strasser (2006) montre que c'est en faisant « appel à la valeur de la recherche interdisciplinaire » que les biologistes moléculaires ont pu se positionner au centre des préoccupations des réformateurs de la recherche de l'après-guerre, mais également dans une posture épistémologique très avantageuse en la dépeignant comme une « méta-discipline », transcendant les disciplines individuelles et englobant « tous les aspects physiques et chimiques de la biologie »⁹. Cet aspect est central pour comprendre comment s'est construite à la fois l'autorité épistémologique de la discipline, mais également sa légitimité politique et scientifique (Strasser 2006 : 370). Il est aussi fondamental pour comprendre la dynamique de division des sciences biologiques en deux pôles, l'un marqué par l'inertie d'une biologie *traditionnelle* prenant de plus en plus un statut dominé face à l'affirmation progressive, de l'autre, d'un pôle *rationnel* aux yeux des autorités politiques mais aussi *réductionniste* à ceux du reste des biologistes (Gros 1993). La modification de ce rapport de force a eu des conséquences au-delà de la sphère académique, si bien

⁸ Pour Strasser (2006 : 381), la biologie moléculaire représente le point d'intersection entre trois lignes de force : la technicisation, la molécularisation et la génétisation des sciences de la vie.

⁹ La biologie moléculaire a d'ailleurs été conçue dès le départ comme un « champ scientifique devant faire l'objet d'une stratégie managériale orientée par des problématiques de recherche plutôt que par les méthodes utilisées. Quelques biologistes moléculaires « éclairés » devaient se coordonner et organiser un groupe multidisciplinaire de chercheurs spécialisés. Les problématiques de recherche seraient déterminées par une élite qui détiendrait son autorité non pas de la virtuosité technique dans un champ particulier, mais par sa capacité à rattacher les résultats des différentes spécialités aux « problèmes fondamentaux de la vie » (Strasser 2006 : 353).

qu'au xx^e siècle, « nombre de questions sociales, politiques, économiques et culturelles sont devenues indissociables des sciences et des techniques » (Strasser & Bürgi 2005 : 3). Dans ce contexte, certains considèrent l'histoire des sciences naturelles dans la seconde moitié du xx^e siècle comme « l'histoire de l'ascension de la biologie moléculaire » (Stettler 2002 : 13).

1.1 Les grandes étapes de la transformation des sciences naturelles aux sciences de la vie

Le processus de transformation des sciences de la nature au xx^e siècle vers l'affirmation d'une nouvelle définition des sciences de la vie comme résolument axées sur la *chimie* du vivant peut être schématisé en trois étapes. La découverte de la double hélice de l'ADN en 1953 est souvent présentée comme l'événement qui a permis le développement de la biologie moderne, étendant le champ de la discipline au-delà de ses objets traditionnels comme l'étude des organismes et des écosystèmes (Stettler 2002, Morange 2016). C'est l'étape des premiers développements de la biologie moléculaire, notamment d'une première unité de recherche aux Etats-Unis en 1957 et d'une première revue en 1959 (Strasser 2002).

Ensuite, la période des années 1970 marque un tournant dans l'affirmation de cette nouvelle biologie. Le développement des techniques de l'ADN recombinant¹⁰ permettant de manipuler des gènes va permettre à cette science pour beaucoup encore *fondamentale* d'acquérir un intérêt pour des questions résolument pratiques¹¹ (Bonneuil 2015) et un potentiel de valorisation en dehors du milieu académique, notamment au travers de nombreuses applications industrielles dans le domaine des biotechnologies définies comme « l'exploitation du potentiel chimique de la cellule vivante » (Chesnais 1981 : 221). La fin des années 1970 marque une rupture dans les mondes scientifiques et économiques souvent qualifiée dans la littérature de « Révolution du gène » (Maupertuis 1999, Bürgi & Strasser 2010). Bien qu'il n'y ait pas vraiment de consensus sur les origines de cette révolution, l'explication la plus commune regroupe trois facteurs : l'invention des technologies de l'ADN recombinant au début des années 1970 évoquée précédemment, la nécessité pour les entreprises de rationaliser leurs coûts de production et les effets sur les procédés de fabrication des produits chimiques et pharmaceutiques des amendements de la loi sur la propriété intellectuelle aux Etats-Unis visant à renforcer le contrôle sur les essais cliniques¹² (Bürgi & Strasser 2010). Ces transformations seront déterminantes pour le développement de nombreuses *start-up* de biotechnologies comme acteurs-clés de cette transition et, dans les années 1980, pour l'adoption des technologies du génie génétique par les grandes entreprises du secteur pharmaceutique (Breiding 2013).

A fin du xx^e siècle, l'expansion des sciences de la vie connaît un troisième tournant avec le développement de la *génomique*, de la *biologie des systèmes* et du projet de séquençage du génome humain (HGP) qui propulse véritablement la biologie au rang de *Big science* (Strasser 2006). Pour

¹⁰ La technique dite de l'ADN recombinant est souvent utilisée comme synonyme de génie génétique. S'il n'existe pas de consensus chez les historiens quant à son origine, c'est majoritairement la découverte, la caractérisation et l'utilisation des « enzymes de restriction » permettant de couper l'ADN à des endroits précis qui est invoquée. En 1978, trois Prix Nobel de physiologie et de médecine ont été attribués pour l'« invention » du génie génétique » à Werner Arber, Hamilton O. Smith et Daniel Nathans (Morange 1994 : 241).

¹¹ Nous y reviendrons, cette thèse est discutée notamment par Bürgi & Strasser (2010) qui montrent que le développement de la biologie moléculaire n'est pas exclusivement académique, mais prend aussi place dans les laboratoires de firmes privées dès les années 1960.

¹² Il s'agit de la nouvelle loi dite des *Kefauver-Harris Drug Amendments* adoptée par le Congrès américain en 1962 qui renforce considérablement les exigences en matière de contrôle des essais cliniques. Cet enjeu sera développé plus loin, car ces nouvelles exigences auront un impact important sur le recrutement de biologistes par les entreprises pharmaceutiques suisses.

certain, cette période marque aussi un retour à la recherche *fondamentale* ainsi qu'une remise en question de la place dominante du déterminisme génétique par une partie du corps académique, à l'exemple de l'*épigénétique* (Bonneuil 2015). Pour autant, la possibilité du séquençage du génome humain renforce encore l'importance accordée aux biotechnologies et les sciences de la vie restent au centre des préoccupations des grandes firmes industrielles. Dans la poursuite de la rationalisation de la biologie dans la seconde partie du xx^e siècle, les années 1990 inaugurent une nouvelle période de l'histoire économique souvent évoquée sous le terme d'« économie de la connaissance »¹³, qui est aussi un moment qui marque, pour un nombre important d'acteurs académiques et politiques, la nécessité de repenser les cadres sociaux et institutionnels de la production scientifique (Strasser & Bürgi 2005). C'est dans ce contexte que s'affirme une nouvelle définition des sciences de la vie qui s'articule autour d'une pluridisciplinarité « sans frontière » qui accueille désormais toutes les disciplines des sciences naturelles et techniques (la biologie, la chimie, la physique, la médecine expérimentale, l'informatique, les mathématiques, l'ingénierie, etc.) dans une perspective résolument appliquée (Gugerli et al. 2010 : 349) pour former le pôle « rationnel » de l'étude du vivant, par opposition à un pôle traditionnel formé par la biologie historique. Elles incarnent ainsi parfaitement les discours contemporains de promotion de l'interdisciplinarité et du développement de nombreuses formes de liens avec le secteur privé. Cette double définition s'inscrit dans l'émergence, à la fin du xx^e siècle, de nouvelles théories et manières de cadrer la production du savoir ayant comme point commun de désigner les universités classiques comme des institutions dépassées et incapables de gérer les enjeux contemporains, enjeux principalement liés à la commercialisation du savoir (Gibbons et al. 1994, Clark 1998, Malissard et al. 2003, Shinn & Ragouet 2005).

Les sociologues et économistes de l'innovation renvoient cette nouvelle incarnation des liens entre sciences, innovation et industrie à l'émergence de cette économie dite « de la connaissance » que Gaudillière (2015) caractérise par la conjonction de trois éléments : l'apparition de nouveaux registres de savoir, la création de petites entreprises (start-up) financées par le capital-risque se consacrant essentiellement ou exclusivement à la recherche et une valorisation précoce des résultats par la création de droits de propriété intellectuelle sur les produits et les procédés de fabrication. De plus, elle s'accompagne d'un mouvement d'externalisation de la recherche et développement (R&D) des grandes firmes consistant à réduire la taille des plateformes de recherche au sein des entreprises pour favoriser la constitution d'un réseau de firmes partenaires mais aussi de chercheurs académiques (Gaudillière 2015 : 97). Cette économie prend son essor autour de deux secteurs bénéficiant d'investissements en croissance exponentielle : les technologies de l'informatique et les biotechnologies, et entre ainsi en lien direct avec le développement des sciences du vivant.

La thèse d'un basculement vers un nouveau « mode de production des connaissances » caractérisé par un élargissement des frontières académiques aux logiques de production du secteur privé devient ainsi largement dominante à partir des années 1990 (Bonneuil & Joly 2013 : 21). Il est intéressant de noter que ce contexte correspond aussi à une reconfiguration du champ des études *sur* les sciences. A partir de cette même période, les études sociales des sciences basées sur l'étude de l'influence du

¹³ A l'origine, la notion de « société du savoir » aussi appelée « économie de la connaissance » est proposée par des économistes tels que Mashlup (1962), Drucker (2017 [1969]) ou Bell (1973) pour parler de l'importance prise par les activités liées à la recherche dans l'économie contemporaine, en partie l'importance de la croissance des activités liées à la production du savoir (*knowledge-based society*) et du déplacement du rapport entre science et technologie vers le « secteur du savoir » (Bouchez 2014). La « nouvelle économie de la connaissance » qualifie par extension une nouvelle phase du capitalisme post-industriel comme une nouvelle « grande transformation » (en référence à Polanyi, 1993 [1944]), où la financiarisation, la production et le contrôle des connaissances deviennent le principal enjeu de la valorisation du capital (Bouchez 2014 : 14). On trouve chez Godin (2006) un index des termes utilisés pour qualifier les transformations de la *knowledge-based society* depuis 1950 avec les références correspondantes ainsi qu'une présentation et une critique des indicateurs utilisés par cette littérature pour mesurer la « connaissance » dans ce contexte.

« contexte social » sur les savoirs scientifiques perdent de l'importance à la faveur d'un « nouveau » programme de l'étude des sciences et techniques replaçant les objets et les connaissances au cœur de l'action collective (Bonneuil & Joly 2013 : 17). La primauté donnée aux structures sociales dans les études des sciences héritées des travaux fondateurs de Robert K. Merton (1973) et l'étude des institutions scientifiques sont abandonnées pour laisser la place à des approches microsociologiques fondées sur l'observation des pratiques locales (Saint-Martin 2013). Pour reprendre Heilbron & Gingras (2015 : 8), « l'orientation dominante des recherches sur les sciences est ainsi passée d'une sociologie des institutions scientifiques à une ethnographie des sites de recherche, des controverses et des réseaux de chercheurs ». Cette sociologie de la science *en train de se faire* telle que menée par exemple par Bruno Latour sur la science en action (Latour 1987) a tendance à insister sur le caractère construit des connaissances comme le produit des diverses actions et interactions des chercheurs, faisant disparaître toute idée de structure sociale¹⁴ (Gingras 2013 : 111).

Tandis que de nombreux travaux portant sur l'essor des biotechnologies ont été menés à partir des années 1980, l'histoire sociale des sciences naturelles prises dans leur ensemble n'a bénéficié que d'un faible intérêt de la part des historiens et des sociologues. Les travaux de ces derniers s'orientent en très grande majorité vers des perspectives microsociologiques, notamment dans la lignée de *The Laboratory Life* (Latour & Woolgar 1979). S'ils s'attachent à décrire la complexité des relations au sein du laboratoire comme lieu de l'exercice du travail scientifique et le rôle des instruments, l'intérêt sociologique de ce type d'analyse diminue cependant pour une compréhension véritablement historique des dynamiques structurelles qui « encadrent la science » (Gingras 2013 : 112). Cette histoire des sciences centrée sur l'articulation des pratiques sociales, cognitives et matérielles dans la construction du savoir scientifique qui domine jusqu'au milieu des années 1990 rend difficile la prise en compte des dynamiques sur le long terme. Plus encore, elle a participé à réduire, voire à se désintéresser de la question des rapports de pouvoir entre les institutions scientifiques et les autres institutions (Strasser & Bürgi 2005 : 8).

L'ambition de cette thèse est précisément de mener une analyse des transformations des sciences naturelles aux sciences de la vie au xx^e siècle en intégrant une approche historique et sociologique basée sur l'étude des rapports de pouvoir structurels entre les disciplines. Les axes de questionnement de ce travail laissent ainsi de côté les débats épistémologiques de l'histoire et de la sociologie des sciences et techniques pour se concentrer sur l'analyse des « cadres » sociaux de l'activité scientifique. Nous nous centrerons principalement sur les cas de la biologie et de la chimie en tant que disciplines les plus centrales dans l'affirmation de l'espace interdisciplinaire que forment les sciences de la vie dans la période récente¹⁵. Nous l'avons évoqué, l'ascension de la biologie moléculaire a particulièrement contribué à reconfigurer la hiérarchie des disciplines des sciences naturelles. Pour en saisir les enjeux et l'impact, il est nécessaire de dépasser une analyse microsociologique des pratiques scientifiques pour préférer une perspective plus structurelle et institutionnelle de la hiérarchie changeante des disciplines et des savoirs, elle-même dépendante de la hiérarchie des pouvoirs sociaux *sur* la science (Gingras 2012 : 285).

¹⁴ Sur cette question, voir aussi Gingras (1995).

¹⁵ Dans cette thèse, nous utilisons le terme de « sciences naturelles » en référence aux disciplines de la biologie et de la chimie. Dans une acception large, celles-ci intègrent aussi la physique, dont nous ne traitons pas directement. Nous utilisons le terme de « sciences de la vie » pour décrire la réunion des spécialisations autour d'une perspective rationnelle et chimique du vivant caractéristique de la période récente. Nous comprenons ces deux ensembles comme deux états historiques, le second incarnant l'autonomisation d'une partie du premier comme une conséquence de la « molécularisation » (Strasser 2006) d'une partie des disciplines.

1.2 Disciplines de pouvoir et pouvoir des disciplines. Analyser les cadres sociaux des transformations des sciences naturelles aux sciences de la vie

Les travaux spécifiquement dédiés à l'une et l'autre discipline en histoire des sciences, tels que ceux de Gros (1993, 2003), Magner (2002) et Morange (1994, 2016) pour la biologie, Bensaude-Vincent & Stengers (1993), Baudet (2004, 2017) et Reinhardt (2002) pour la chimie, ainsi que Chandler (2005), Maupertuis (1999) ou Gaudillière (2015) concernant l'histoire de l'industrie et des sciences chimiques fournissent non seulement de très bonnes analyses des développements de la biochimie, de la biologie moléculaire et des biotechnologies, mais aussi des autres domaines de spécialisation de la biologie et de la chimie. S'ils couvrent en général les évolutions des spécialisations disciplinaires de manière exhaustive, ils ont par contre des difficultés à rendre compte des dynamiques de pouvoir qui existent entre ces disciplines. En se focalisant sur les aspects les plus traditionnels de l'histoire des sciences, comme les découvertes importantes, les innovations et les figures marquantes, ils décrivent de manière très complète les différenciations et les rapprochements des différents domaines disciplinaires mais peinent à y voir une dimension proprement sociologique fondée à la fois sur les dynamiques d'interaction et de pouvoir entre les acteurs de ces transformations, les disciplines et le contexte économique et politique. Par exemple, lorsque Gros (1993) résume les changements de la seconde moitié du xx^e siècle, il conclut sur un « retournement complet du statut scientifique, technique, économique et philosophique autant que sociétal des sciences de la vie » (Gros 1993 : 33) mais sans y apporter de dimension véritablement explicative. Des auteurs comme Gaudillière (2015), Maupertuis (1999) et Chandler (2005) montrent bien le rôle joué d'abord par les start-up puis les grandes firmes du secteur pharmaceutique dans le développement des biotechnologies et dans l'industrialisation de la recherche pharmaceutique (Gaudillière 2015 : 88) mais laissent toujours de côté la dimension académique des disciplines. Nous le développerons plus loin, l'histoire de la biologie et de la chimie est abordée sous un angle différent par la littérature et il n'est pas toujours aisé d'en faire une lecture en parallèle. Notamment, les travaux sur l'histoire de la chimie remontent souvent à l'alchimie du Moyen Age et ne couvrent que rarement la période récente, alors que l'histoire de la biologie se focalise plutôt sur les développements de la discipline dans la seconde moitié du xx^e siècle. L'impression qui s'en dégage est que le développement des biotechnologies, dont l'importance est relatée dans les ouvrages consacrés aux deux disciplines, aurait accompagné une période de crise de la chimie qui signifierait pour certains la fin de la discipline comme, pour d'autres, le début d'une biologie nouvelle et interdisciplinaire (Bensaude-Vincent & Stengers 1993, Morange 2016).

A côté de ces travaux classiques, on constate que la littérature consacrée à la « Révolution du gène » et, plus largement, aux transformations de la production du savoir dans la période récente prend souvent comme cadre de référence *The New Production of Knowledge : the Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies* de Gibbons et al. publié en 1994, que ce soit pour corroborer la thèse de la *fin des disciplines* et encourager les réformes des institutions académiques (Clark 1998, Etzkowitz & Leydesdorff 2000, Nowotny et al. 2001 et 2003, Weingart & Stehr 2002, Weber & Duderstadt 2014) ou pour y adresser des critiques (Shinn 2002, Pestre 2003, Shinn & Ragouet 2005, Lamy & Shinn 2006, Paradeise & Crow 2009, Musselin 2009, Heilbron & Gingras 2015). Nous y reviendrons dans le chapitre suivant, le point crucial de l'ouvrage de Gibbons et al. (1994) est qu'il théorise une *rupture* dans les modes de production de la connaissance, à savoir le passage d'un mode *traditionnel* appelé « mode 1 », dans lequel les sciences et les institutions académiques sont considérées comme *autonomes* et exemptes de liens avec les autres sphères de la société, à un mode *nouveau* appelé « mode 2 » caractérisé par l'extension, voire la disparition des frontières de la science et des disciplines. Ce dernier fait clairement écho au contexte de la « nouvelle économie de la connaissance » évoquée plus haut (Bonneuil & Joly 2013, Bouchez 2014) comme un cadre idéologique porteur d'une vision du progrès social par la production et le transfert de connaissances de l'académie

vers l'industrie en encourageant la recherche scientifique à être de plus en plus orientée vers des intérêts propres aux sphères économiques et politiques. Dans la première partie de notre cadre conceptuel, nous présenterons ces théories de la rupture des modes de production du savoir ainsi que les critiques qui y ont été adressées, notamment sous l'angle des transformations récentes des systèmes d'enseignement supérieur et de la mise en perspective historique des modes de coopération entre science et industrie.

Deux aspects problématiques se dégagent de la littérature mentionnée jusqu'ici. D'un côté, la biologie moléculaire en constitue très souvent le point central, sans pour autant que son affirmation soit réinsérée dans le contexte général des sciences naturelles et, surtout, sans que les impacts de ces transformations sur les rapports de force entre les disciplines soient véritablement problématisés ou aient fait l'objet d'études empiriques. Par ailleurs, cette focalisation participe certainement à surévaluer le rôle joué par la biologie moléculaire dans l'avènement de « l'économie de la connaissance » sans forcément en définir précisément les contours, en même temps qu'elle contribue à invisibiliser les stratégies de résistance des autres disciplines face à ces changements. De l'autre, les travaux qui se sont intéressés aux transformations des modes de production du savoir ne questionnent pas le statut privilégié en termes d'autorité scientifique conféré à la biologie moléculaire et aux (bio)technologies qu'ils placent cependant à la base d'un processus de reconfiguration qui toucherait l'ensemble des disciplines scientifiques.

Dans les deux cas, la question des transformations des rapports de pouvoir internes au monde académique et les enjeux des luttes spécifiques qui s'y déroulent sont mis de côté, alors que l'on peut considérer qu'ils sont au cœur des mécanismes qui produisent l'autorité relative des disciplines. Si l'on part du principe que le crédit apporté à telle ou telle discipline dépend davantage du rapport hiérarchique entre ces disciplines à un moment donné que d'une vérité scientifique « pure » (Gingras 2012), le véritable enjeu qui reste en suspens est de remettre en lien à la fois le développement des disciplines, les structures du « champ » académique tel que théorisé par Bourdieu (1984a) et les individus qui *font* la science, c'est-à-dire ceux qui détiennent le pouvoir de définir et de redéfinir les frontières des disciplines comme du champ lui-même¹⁶. En effet, nous montrerons plus loin que les principales approches des transformations récentes de la production scientifique se focalisent soit sur les pratiques, soit sur les institutions, soit sur les profils des acteurs, mais que l'on ne trouve que très rarement une perspective permettant de faire le lien entre ces différents niveaux. Une approche structurale et relationnelle empruntée à la sociologie des champs de Bourdieu peut permettre, d'une part, d'aborder les logiques de pouvoir qui structurent la biologie et la chimie et, d'autre part, de comprendre les transformations de ces disciplines en regard de leur autonomie relative aux logiques des autres sphères de pouvoir. Ce que peut apporter l'analyse prosopographique des professeurs, c'est une mise en lien entre les individus et les institutions, comme nous l'argumenterons dans la partie suivante.

A notre connaissance, il n'existe pas d'étude systématique qui replace l'ascension institutionnelle de la biologie *fonctionnelle* dans le cadre plus large des relations de pouvoir au sein des sphères académique et scientifique (Bourdieu 1976, 2001), mais aussi économique et politique. Dans le sillage de la « Révolution du gène », les théories d'une *rupture* dans les manières de faire et de penser la science, devenue plus entrepreneuriale parce que davantage tournée vers la production de résultats

¹⁶ La discussion reste ouverte quant à la possibilité d'inscrire cette démarche, toute proportion gardée, dans une perspective de sociologie générale telle que proposée par Bourdieu (1984b) lorsqu'il évoque la théorie des champs. Comme le relève Duval (2017), certaines de ses publications consacrées à des champs particuliers, et notamment au champ scientifique, n'ont pas donné lieu à des enquêtes prosopographiques approfondies. Dans une certaine mesure, c'est ce que propose le présent travail pour le cas des sciences de la vie ou, plus précisément, de l'espace des professeurs de biologie et de chimie.

commercialisables, engagent un discours proprement économique de valorisation d'une biologie *rationnelle* parce que davantage physique et chimique, mais ne questionnent pas les dynamiques historiques et structurelles de la transformation des disciplines scientifiques. Ainsi, on peut se demander quelle est la place que la biologie *fonctionnelle* occupe *réellement* dans l'espace académique, en termes d'autorité scientifique mesurée par sa représentativité au sein des structures institutionnelles telles que les laboratoires, les instituts, les sociétés spécialisées ou les chaires professorales, ou la part des financements pour la recherche qui lui est allouée. D'un côté, il s'agit de cartographier les forces en présence qui font la hiérarchie des disciplines et qui définissent les frontières du champ académique. En d'autres termes, il s'agit de comprendre les oppositions qui distinguent les dominants et les dominés dans la lutte pour la définition des disciplines au travers de la structure relationnelle des positions de ces agents dans le champ. De l'autre, dans une perspective historique, il s'agit de replacer ce qui est donné comme une *rupture* dans la continuité des variations de l'autonomie relative du champ académique, c'est-à-dire du degré de porosité de ses frontières avec les autres sphères de la société.

S'il est relativement courant de voir apparaître de nouvelles spécialisations disciplinaires ou de voir s'affirmer de nouveaux champs d'application de la recherche scientifique (Abbott 2001a), ces changements s'opèrent à *la marge* des disciplines et celles-ci restent le lieu privilégié de la reproduction des normes, des pratiques et des carrières scientifiques, même dans le contexte récent de l'expansion des collaborations interdisciplinaires (Bourdieu 2001, Gingras 2012, Marcovich & Shinn 2011). La perspective d'un champ scientifique comme composé de disciplines en interaction les unes avec les autres implique qu'aucun lien individuel ne peut être modifié sans affecter l'équilibre des autres liens autour de lui et qu'aucune discipline ne peut gagner ou perdre en autorité sans déplacer ou attirer d'autres disciplines (Abbott 2001a). Ainsi, prendre en considération l'affirmation progressive de la biologie moléculaire dans le contexte des autres domaines de la biologie et de la chimie peut permettre d'aborder empiriquement quelles sont les reconfigurations de la hiérarchie entre les disciplines.

1.3 Pourquoi étudier les professeurs de biologie et de chimie

Étudier les transformations des sciences naturelles au travers de l'étude des professeurs de biologie et de chimie est intéressant pour au moins trois raisons principales. *Premièrement*, l'étude du profil et des parcours des professeurs de biologie et de chimie peut permettre d'apporter un regard nouveau et complémentaire aux travaux déjà entrepris sur les transformations des disciplines et des modes de production du savoir. Le bref retour sur la biographie de Jacques Dubochet en introduction avait pu servir d'illustration au phénomène de transformation des cadres de l'activité scientifique. Ce qu'il s'agit de mener ici, c'est une analyse permettant de dépasser les particularités individuelles en considérant l'ensemble des individus qui composent l'élite académique de la biologie et de la chimie, et pas seulement les figures marquantes, les « grands noms » à partir desquels l'histoire des sciences est très souvent racontée (Gingras 2018). C'est ce que propose la *prosopographie* comme la construction d'une sorte de biographie collective permettant d'aborder conjointement les individus et les institutions, car basée sur une compilation de données relatives à l'ensemble d'un groupe étudié en suivant l'établissement d'indicateurs transversaux et comparables au-delà des biographies individuelles (Lemerrier & Picard 2012 : 618). Ainsi, c'est précisément la distribution inégale des ressources agissant comme des *capitaux* au sein du champ académique (Bourdieu 1984a) qui mérite d'être étudiée parce qu'elle permet, par l'objectivation des combinaisons de ressources permettant l'accès aux positions dominantes et dominées, d'identifier de manière empirique les logiques qui organisent et structurent le pouvoir académique par-delà les « qualités » individuelles.

En occupant les positions parmi les plus élevées dans la hiérarchie des institutions académiques, les professeurs sont les individus qui concentrent les ressources nécessaires pour définir et reproduire les normes et les cadres de l'exercice de l'activité scientifique (Bourdieu 2001). Par le biais du pouvoir que leur confère leur fonction, ils ne définissent pas seulement les *règles du jeu* de l'activité scientifique, mais ils sont aussi des acteurs majeurs des processus de décision et de coordination entre les différentes sphères de pouvoir, à l'image des élites économique et politique (Mills 2012 [1956]). Les professeurs forment un groupe social dont il s'agira de définir à la fois les caractéristiques communes mais aussi les dynamiques de distinction (Bourdieu 1979, 1994). Considérer les professeurs d'université comme des élites occupant des fonctions à la tête de la hiérarchie des institutions académiques permet de dépasser une conception du monde scientifique en termes de « communauté » pour penser la production scientifique comme résultant d'acteurs engagés dans une lutte pour la définition de la science et des frontières du champ académique. Une analyse par les professeurs permet d'articuler théoriquement une approche positionnelle des élites, notamment celle de Mills (2012 [1956] et 1977, Gerth & Mills (1953) avec une sociologie des champs (Bourdieu 1976, 1979, 1984a, 1997b, 2001). A l'image par exemple des travaux récents de Denord et al. (2018), Burawoy (2012) ou Gautier & Rossier (2019), ces deux théories peuvent être abordées de manière complémentaire et se renforcer mutuellement, comme nous l'argumenterons dans la partie consacrée au cadre conceptuel de la thèse. Elle permet aussi de mobiliser une approche des temporalités notamment en termes de carrières (Hugues 1937, Becker 1985, Abbott & Hrycak 1990) pour analyser les processus d'acquisition des capitaux fonctionnant comme des ressources de distinction pour les professeurs (Savage et al. 2005) et des indicateurs de l'autonomie relative du champ et des disciplines (Bourdieu 2001). Enfin, il est possible d'analyser les liens entre les professeurs, notamment les liens de collaborations scientifiques, pour aborder les questions liées aux formes de l'interdisciplinarité et du capital social en tant que ressources permettant de renforcer le capital symbolique de reconnaissance et de crédibilité propre au champ scientifique (Bourdieu 1976 : 88).

Deuxièmement, une analyse centrée sur les professeurs permet une approche méthodologique mixte favorisant le dialogue entre théorie et données empiriques. A partir d'une base de données originale et très fournie sur les élites suisses au xx^e siècle¹⁷, il est possible de construire de nombreux indicateurs relatifs aux *capitaux* détenus par les professeurs, d'analyser leur profil, leurs carrières et leurs réseaux scientifiques. L'établissement de typologies reflétant des configurations particulières de ressources et leurs trajectoires d'accumulation nous permettront de revenir sur la définition des cadres sociaux de l'activité scientifique et la hiérarchie des disciplines à partir de ce matériau prosopographique original. Par ailleurs, Mills et Bourdieu se rejoignent dans l'intérêt qu'ils portent à la création de liens forts entre théorie sociale et méthode empirique (Burawoy 2012, Grenfell & Lebaron 2014). Dans *L'imagination sociologique*, Mills donne une définition de la notion de concept comme une « idée à contenu empirique » (Mills 1967 [1959] : 127). De fait, il se montre critique autant envers ce qu'il nomme « l'empirisme abstrait » qu'envers la « suprême théorie », le premier cas ne pouvant aboutir qu'au niveau microscopique et infra-historique par un amoncellement particulièrement fastidieux de détails abstraits, alors que le second favorise la purge des concepts de travail de toute espèce d'attache empirique claire et actuelle, vouant de fait le chercheur à la « solitude absolue » (Mills 1967 [1959] : 127). Ce que propose Mills sous le terme de « sociologie classique », c'est de se pencher sur les problèmes de fond, au niveau macroscopique et dans les termes adéquats, dans le sens que ce sont les problèmes qui limitent et suggèrent certaines méthodes et conceptions, de même que la manière de les utiliser. Au bout de son raisonnement, « la polémique entre « méthodologie » et « théorie » n'est à aucun moment isolée des problèmes de fond » (Mills 1967 [1959] : 131).

¹⁷ Il s'agit de la base de données « Elites suisses » que nous présenterons dans la partie consacrée aux données.

L'approche positionnelle des élites (Coenen-Huther 2004) s'avère particulièrement opératoire pour « mettre en œuvre » un travail prosopographique. D'abord pour identifier les individus au travers de la fonction qu'ils occupent, puis pour analyser leur profil et, enfin, pour aborder non pas une compilation de cas isolés mais bien la structure du système de positions qui leur confère un certain pouvoir. A partir de là, la sociologie des champs peut permettre de réfléchir sur la distribution des *capitaux* agissant comme des ressources pour construire un espace de relations et de distinction entre les professeurs. Dans l'œuvre de Bourdieu, un ouvrage fait référence lorsqu'il s'agit d'aborder le fonctionnement du champ académique. Bourdieu appuie le fait que l'on peut et l'on doit lire *Homo Academicus* (1984a) « comme un programme de recherche sur n'importe quel champ universitaire » (Bourdieu & Wacquant 1992 : 55). En invitant à la comparaison avec d'autres cas, notamment celui des Etats-Unis, il fait l'hypothèse que l'on retrouverait les mêmes oppositions essentielles entre le capital universitaire lié au pouvoir sur les instruments de reproduction et le capital lié à la renommée scientifique, bien qu'elles puissent s'exprimer de façon différente et dans des proportions plus ou moins marquées (Bourdieu & Wacquant 1992 : 55). Ce travail spécifiquement consacré aux institutions académiques françaises dans les années 1970 montre l'intérêt de ne pas confondre le champ académique avec le champ scientifique (Bourdieu 1976, 2001) bien que les deux soient fortement imbriqués (Gingras & Gemme 2006). De manière générale, le projet de Bourdieu encourage une sociologie réflexive et critique de la séparation entre sociologie et histoire, ce qui se révèle particulièrement pertinent dans le cas d'une étude menée sur le monde académique.

Troisièmement, l'introduction d'une dimension historique donne la possibilité de comparer l'état de ces cadres à plusieurs moments-clés du xx^e siècle, et ainsi de mettre en perspective les théories qui identifient une *rupture* dans les modes de production du savoir. Des travaux ont déjà montré que certains phénomènes caractéristiques de la période récente sont en fait déjà observables dans la première moitié du siècle, comme l'existence de petites entreprises rappelant plus ou moins les start-up contemporaines (Malissard 2000, Gingras et al. 2000), ou plus largement de liens entre l'académie et le secteur privé particulièrement développés notamment dans le cas suisse (Busset et al. 1997, Tanner 1998, Simon 2010, Gugerli et al. 2010, Breiding 2013, Wirz von Planta 2016). Ainsi, l'analyse historique permet de montrer que certaines tendances décrites par Gibbons et al. (1994) « peuvent être observées dans la première moitié du xx^e siècle et surtout que le passage d'un mode à l'autre n'est en rien une évolution linéaire et définitive » (Malissard 2000 : 95). La définition du degré de *commercialisation* de la recherche étant elle-même corrélée à l'émergence ou non de conflits d'intérêts au sein du champ académique (Gingras et al. 2000), on peut faire l'hypothèse que l'« industrialisation » de la biologie est identifiée comme un *tournant* d'abord d'un point de vue économique puisqu'elle a participé à transformer la structure de production des entreprises du secteur chimique et pharmaceutique (Maupertuis 1999, Gaudillière 2015). Le fait qu'elle ait eu des conséquences sur le monde scientifique, notamment parce qu'elle aurait participé à reléguer la chimie au profit de la biologie dans la dernière partie du xx^e siècle, est un excellent point de départ pour questionner le degré d'importance et le moment de cette rupture lorsqu'elle est replacée dans le contexte d'une certaine inertie des institutions académiques et des disciplines (Abbott 2001a, Bourdieu 2001). Certains placent cette rupture dans les années 1980-1990 lorsque la biologie, jusqu'alors cantonnée dans les laboratoires universitaires, devient une priorité des politiques scientifiques liée à une rationalité managériale accrue (Leresche et al. 2012 : 179). D'autres nuancent cette rupture et montrent comment la biologie commence à remplacer la synthèse chimique dans les laboratoires d'entreprises pharmaceutiques déjà dans les années 1960 (Bürgi & Strasser 2010).

Mener une telle étude dans le contexte de la Suisse s'avère particulièrement intéressant¹⁸, d'une part parce qu'elle est l'un des premiers lieux du développement de la biologie moléculaire (Stettler 2002, Bürgi 2005, Strasser 2006), mais aussi parce que les liens entre le monde académique et la sphère économique y sont nombreux et visibles, notamment avec les secteurs chimique et pharmaceutique (Busset et al. 1997, Tanner 1998, Straumann 2005, Bürgi & Strasser 2010, Gugerli et al. 2010, Bürgi 2011, Wirz von Planta 2016). Ce type d'industrie est fortement développée en Suisse et certaines des plus grosses entreprises du secteur ont eu, dès la fondation des premières firmes de chimie jusqu'à aujourd'hui, un impact considérable sur la recherche, notamment par la création et le financement de laboratoires et de départements de recherche *in-house* mais aussi par des soutiens matériels et financiers octroyés directement aux professeurs des universités. Les politiques de la science en Suisse ont très tôt favorisé les recherches en biologie moléculaire, donnant à ce domaine une visibilité particulièrement marquante. Enfin, le champ académique suisse est aussi fortement marqué par l'essor des sciences de la vie et les réformes managériales des institutions académiques dans la période récente (Aebischer & Ricci 2006, Leresche et al. 2012, Benninghoff et al. 2014, Frei 2015). Compte tenu de ces remarques, il est assez surprenant de constater le manque général de travaux consacrés aux professeurs des universités dans le domaine de l'étude des sciences. Cette remarque est d'autant plus vraie dans le cas suisse, pour lequel il n'existe à notre connaissance aucun ouvrage abordant l'histoire des sciences naturelles au xx^e siècle au travers des professeurs qui, pourtant, peut tout à fait s'articuler avec une historiographie déjà très fournie. Les deux publications qui font exception en présentant quelques études de cas sont les ouvrages collectifs *Les naturalistes. A la découverte de la Suisse et du monde (1800–2015)* dirigé par Kupper & Schär (2015) et *Chemie in der Schweiz. Geschichte der Forschung und der Industrie* dirigé par Busset et al. (1997) qui, tous deux, déplorent par ailleurs explicitement le manque de travaux consacrés à l'histoire des sciences naturelles en Suisse.

2. Quatre axes de questionnement

Quatre axes de questionnement organisent la structure générale de la thèse autour de quatre chapitres empiriques. Nous traiterons dans un premier temps des reconfigurations institutionnelles, des rapprochements et des différenciations des domaines de la chimie et de la biologie au xx^e siècle (Chapitre 3), puis des transformations structurelles des espaces disciplinaires et des carrières des professeurs (Chapitre 4), des réseaux de collaboration scientifique, de l'interdisciplinarité et du capital social des professeurs (Chapitre 5) et, enfin, des réformes managériales des universités et des nouvelles structures de carrières au travers de l'exemple de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (Chapitre 6). Nous indiquons les principaux axes de questionnement et résumons le contenu principal de chaque chapitre.

Axe 1 : Chimie et biologie au xx^e siècle : rapprochements, différenciations et reconfigurations des hiérarchies disciplinaires (Chapitre 3)

Le troisième chapitre de la thèse en constitue le premier chapitre empirique. Il se focalise sur différents aspects de l'évolution des disciplines de la chimie et de la biologie et de leur hiérarchie symbolique en

¹⁸ Pour clarifier le contexte de cette thèse, nous n'avons pas choisi le cas suisse parce qu'il était particulièrement éclairant en comparaison des autres champs nationaux. Comme nous le développerons dans la partie consacrée à la stratégie de recherche, cette thèse s'inscrit dans un projet plus large consacré aux élites en Suisse au xx^e siècle et le choix du cas suisse vient d'abord de l'ancrage du présent travail dans ce contexte. Il apparaît néanmoins comme pertinent à plusieurs égards, comme nous l'indiquons ici.

s'appuyant sur leur ancrage institutionnel. L'objectif de ce chapitre est d'évaluer la place de la biologie moléculaire et, plus largement, de la biologie *fonctionnelle* au sein du système des universités suisses en regard du reste de la biologie et de la chimie. Dans un premier temps, nous mobiliserons l'histoire des sciences et l'historiographie suisse pour explorer le contexte général du développement des disciplines, puis nous développerons le cas de l'institutionnalisation de la chimie et de la biologie en Suisse au travers de quelques analyses descriptives centrées sur les positions occupées par les professeurs dans quatre lieux de pouvoir du champ académique : d'abord les chaires professorales occupées, ensuite les fonctions de recteur des universités et de doyen des facultés des sciences, enfin les membres des comités de l'Académie suisse des sciences naturelles (ASSN) et du Fonds national suisse de la recherche scientifique (FNS). Nous intégrerons également une analyse du développement des sociétés disciplinaires de l'ASSN et de l'attribution des projets de recherche financés par le FNS comme indicateurs de la légitimité accordée au niveau national.

Dans un premier temps, nous présenterons les processus de rapprochement et de différenciation des domaines de la biologie et de la chimie telles qu'elles sont présentées par l'histoire des sciences. Cette mise en contexte des développements scientifiques des deux disciplines nous permettra de montrer leurs transformations du point de vue des innovations scientifiques et techniques, ainsi que la création et le déploiement de sous-disciplines souvent de plus en plus spécialisées au cours du xx^e siècle. Porter la focale d'abord sur l'histoire des sciences permettra de montrer comment la biologie et la chimie se développent de manière souvent autonome, mais s'hybrident aussi parfois, comme c'est le cas pour la formation de la *biochimie*, puis de la *biologie moléculaire*, le domaine de recherche de la biologie qui participera à propulser le pôle dit *fonctionnel* de la discipline au rang de *Big Science* à la fin du siècle (Leresche et al. 2012, Gingras 2012).

A la suite de cette première revue de l'histoire des disciplines, nous nous focaliserons sur les travaux consacrés au cas suisse. Celui-ci est un très bon exemple pour étudier la biologie et la chimie, en raison de la place importante occupée par la chimie dans les institutions académiques – sans conteste due pour une grande part à l'essor de l'industrie chimique et pharmaceutique dès le début du siècle à Bâle – mais aussi pour le rôle joué, durant la seconde moitié du xx^e siècle, par certains professeurs des universités de Genève et de Zurich dans le développement de la biophysique et de la biologie moléculaire. Il est également particulièrement relevant pour traiter de la question du rôle du secteur privé dans l'essor de la biologie fonctionnelle et des biotechnologies, que ce soit au niveau des pouvoirs institutionnels de la science ou du rôle joué par le secteur privé. Ces différents aspects ont été largement traités par des historiens suisses et nous consacrerons cette deuxième partie du chapitre à rendre compte de ces travaux sur la chimie (Busset et al. 1997, Tanner 1998, Bürgi 2011, Simon 2010, Wirz von Planta 2016) et la biologie (Strasser 2002 et 2006, Stettler 2002, Kupper et al. 2015, Bürgi & Strasser 2010, Simon 2010).

Afin de rendre compte de l'évolution de la biologie et de la chimie dans le paysage académique suisse, en particulier de la différenciation institutionnelle très marquée des deux biologies dans la seconde moitié du xx^e siècle, nous considérerons dans un premier temps les positions académiques des professeurs. D'abord, nous analyserons la composition disciplinaire des chaires professorales aux dates de 1910, 1937, 1957, 1980 et 2000, ce qui nous permettra de faire le lien entre les transformations disciplinaires présentées en début de chapitre et l'échantillon des professeurs de biologie et de chimie mobilisé dans le cadre de cette thèse. Nous proposons de comparer non seulement les sous-disciplines selon la nomenclature institutionnelle, mais également les grands domaines de recherche et les échelles d'analyse qui auront été présentés dans la section consacrée à l'histoire des sciences. Ensuite, l'analyse de la discipline de l'ensemble des recteurs des universités et des doyens des facultés des sciences entre 1900 et 2000 permettra de donner un aperçu comparatif de la place de la biologie et de la chimie par rapport aux autres sciences au sein des lieux de pouvoir

institutionnel. Dans un deuxième temps, nous nous focaliserons sur deux organisations de promotion et de financement de la science, l'ASSN et le FNS, au travers de la composition de leurs comités. Nous analyserons également la multiplication et la diversification des sociétés disciplinaires représentées à l'ASSN pour montrer comment l'affirmation de la biologie se traduit aussi par une diversification de ses sous-disciplines et, plus largement, comment la biologie et la chimie se structurent selon des critères assez différents. Nous montrerons enfin l'évolution de la place de la biologie et de la chimie dans la hiérarchie des financements des projets de recherche accordés par le FNS.

Axe 2 : Des espaces disciplinaires distincts ? Ressources, capitaux et carrières (Chapitre 4)

Après un chapitre consacré à l'ancrage institutionnel des disciplines, le quatrième chapitre se focalisera sur les ressources des professeurs de biologie et de chimie et leur distribution dans l'espace social formé par ceux-ci. Nous analyserons ensuite la structure et la forme des carrières académiques en tant que processus d'accumulation et de conversion des capitaux. La première partie du chapitre sera ainsi dédiée à l'identification des structures d'opposition basées sur le volume et la distribution des capitaux détenus par les professeurs aux dates de 1957, 1980 et 2000. Afin de dépasser une analyse basée sur les innovations scientifiques et techniques, nous aborderons les disciplines comme des espaces de luttes de positions et de définition au sein desquels des agents se distinguent selon le volume et la structure des capitaux qu'ils détiennent (Bourdieu 1976). Une telle approche pourra permettre de comprendre comment les frontières des disciplines et des sous-disciplines évoluent et se transforment et, plus largement, comment la hiérarchie de ces disciplines varie selon le degré d'autonomie de ces espaces. D'abord, nous nous demanderons comment se structure l'espace des professeurs et dans quelle mesure on peut distinguer des logiques propres aux espaces de la biologie et de la chimie. Par l'état des positions des agents dans l'espace, il sera possible de considérer les dynamiques de changement des hiérarchies à l'intérieur des espaces de la biologie et de la chimie pour permettre, par exemple, de voir comment la biologie *fonctionnelle* a progressivement pris une place dominante au sein de cet espace au détriment de la biologie *historique*, comme suggéré dans la littérature (Stettler 2002, Morange 2016), et sur la base de quels principes de distinction. Cette première partie aura aussi pour objectif de comprendre l'évolution du profil de professeurs en comparant dans les temps les formes spécifiques de structure et de volume de capital distinguant les professeurs et de les comparer dans le temps.

A la suite de cette première partie, nous nous intéresserons plus précisément aux carrières des professeurs dans une perspective complémentaire à l'étude de la distribution des capitaux et de la structure de l'espace. En effet, la détention de capital n'est pas qu'un état à un moment donné, mais suit un processus d'acquisition tout au long du parcours de vie des individus. En analysant les trajectoires des professeurs, nous pourrions montrer quels sont les différents rythmes et temporalités des carrières pour évaluer si certains types de trajectoires sont davantage valorisés à certaines périodes qu'à d'autres. Ensuite, nous chercherons à comprendre dans quelle mesure ces trajectoires sont liées à des logiques disciplinaires (Abbott 1988 et 1995, Gingras 2012). Nous nous baserons sur l'occupation de postes au sein de l'académie mais aussi en dehors de celle-ci, tels que dans des laboratoires en entreprise ou dans des laboratoires de recherche nationaux. En abordant les carrières comme des processus d'accumulation et de conversion de capitaux (Savage et al. 2005) et en comparant les trajectoires des professeurs pour 1957, 1980 et 2000, nous chercherons à montrer comment elles se différencient selon les disciplines, les sous-disciplines et selon la période. Ces analyses des carrières nous permettront de mieux saisir le degré d'autonomie relative des espaces disciplinaires et le *travail sur les frontières* (Lamont & Molnar 2002) des disciplines opérées par les professeurs. Enfin, l'approche par les ressources et les carrières permettra d'aborder l'impact de la

dynamique d'internationalisation du champ scientifique qui participe également à une reconfiguration des hiérarchies entre les institutions de recherche (Gingras 2002). D'un point de vue méthodologique, l'analyse systématique des postes occupés durant la carrière (lieu, pays et type d'institution), du lieu du doctorat et des postes occupés durant la période de pré-titularisation, permettra de mieux saisir les dynamiques d'internationalisation des carrières scientifiques des professeurs de biologie et de chimie, et de mesurer en quoi l'expérience acquise à l'étranger peut être comprise soit comme une ressource à part entière, soit comme un renforcement du capital scientifique.

Axe 3 : Des sciences en réseau. Interdisciplinarité, capital social et pouvoir académique (Chapitre 5)

Le cinquième chapitre abordera une autre dimension relative aux frontières changeantes des disciplines par une analyse des réseaux de collaboration scientifique par les co-requêtes de projets du Fonds national suisse de la recherche scientifique (FNS). Après avoir montré comment se structure l'espace des professeurs et analysé les profils et les carrières, nous montrerons comment l'interdisciplinarité et le capital social peuvent être mobilisés comme des ressources spécifiques par les professeurs.

L'objectif sera de comprendre comment le mouvement de *collectivisation* de la recherche qui s'est étendu à l'entier du champ scientifique à partir de la seconde moitié du xx^e siècle (Gingras 2002) se traduit par des formes spécifiques de collaboration au sein des projets de recherche et une augmentation de leur fréquence. Bien que les financements internationaux aient pris une importance croissante dans la période récente, les institutions nationales continuent de jouer un rôle central dans la promotion d'activités de recherche en Suisse, notamment le FNS qui en reste l'organe principal (Fleury & Joye 2003). La participation aux projets de recherche peut ainsi être abordée en tant que mesure de la reconnaissance scientifique accordée au niveau national (Benninghoff & Braun 2010). Le FNS est aussi un lieu privilégié d'encouragement de l'interdisciplinarité (Benninghoff & Leresche 2003) définie comme la collaboration entre des professeurs issus de différentes disciplines au sein d'un même projet. Le constat d'une interdisciplinarité croissante dans le champ académique suisse (Gorda & Leresche 2015) fait écho à une tendance de promotion des collaborations interdisciplinaires qui touche le champ scientifique de manière générale (Larivière & Gingras 2010, Louvel 2015). La mise en lien des données sur les professeurs avec celles de la base « P3 » du FNS qui recense tous les projets acceptés et financés à partir de 1975 nous permettra d'aborder le degré d'interdisciplinarité des professeurs, les disciplines avec lesquelles ils collaborent, ainsi que le type et le volume de leur capital social calculé par la place qu'ils occupent dans le réseau des co-requêtes.

La première partie du chapitre sera consacrée à l'analyse de ces réseaux, pour l'entier des projets FNS, puis plus spécifiquement pour les professeurs de 1980 et 2000. Nous chercherons à comprendre dans quelle mesure la fréquence et les formes de l'interdisciplinarité sont toujours dépendantes des disciplines (Abbott 2001a, Marcovich & Shinn 2011, Prud'homme & Gingras 2015). En abordant la structure disciplinaire des réseaux de collaboration, nous pourrions comprendre comment se distribue le capital social mesuré par la taille du réseau local, la capacité à occuper des positions de « pont » et l'autorité, c'est-à-dire le fait d'être connecté à des projets ou des individus eux-mêmes très connectés, et comment cette distribution reflète une certaine hiérarchie des disciplines. Nous chercherons également à rendre compte des liens entre le capital social et le degré d'interdisciplinarité. La seconde partie du chapitre sera consacrée à l'interdisciplinarité et au capital social comme ressources spécifiques pour certaines fractions de l'espace des professeurs. Il sera ainsi possible de distinguer les pratiques disciplinaires en fonction de l'occupation de positions dominantes ou dominées dans l'espace. Pour tester empiriquement la thèse de la « fin des disciplines » (Gibbons et al. 1994), nous

chercherons à voir si certaines sont plus valorisées que d'autres en tant que disciplines-ressources et si les logiques de collaboration se différencient en fonction des profils, donc des configurations spécifiques de ressources conférées par la relation des positions occupées dans l'espace. En comparant les professeurs de 1980 et de 2000, nous pourrions aussi aborder la question des changements dans les pratiques de collaborations et observer si l'augmentation du volume de celles-ci se traduit par un pouvoir spécifique relié à des profils particuliers. En d'autres termes, l'objectif de ce chapitre sera de comprendre si les ressources acquises au travers des collaborations au sein des projets financés par le FNS confèrent aux professeurs une forme de pouvoir spécifique en termes d'interdisciplinarité et de capital social qui peut renforcer la structure des oppositions basées sur la détention de capital.

Axe 4 : Transformations d'une haute école technique entre logiques scientifiques et entrepreneuriales. Le cas de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (Chapitre 6)

Enfin, le dernier chapitre sera consacré à l'impact sur les carrières des transformations des institutions académiques vers un modèle plus entrepreneurial. Nous nous baserons sur une étude de cas des professeurs de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) pour aborder des questions relatives à la période plus récente en prenant en compte les professeurs jusqu'à 2010. Il nous permettra également de replacer les disciplines de la biologie et de la chimie dans le contexte des nouvelles sciences de la vie intégrées aux sciences naturelles et de l'ingénieur. Nous tenterons ici de combler une lacune relevée dans la littérature consacrée aux transformations des systèmes d'enseignement supérieur et leur impact sur les modèles de recrutement (Musselin 2005, Enders 2004) : le besoin de plus de recherches consacrées aux carrières de manière empirique. L'EPFL ayant explicitement adopté le modèle de l'université entrepreneuriale (Clark 1998, Aebischer & Ricci 2006) depuis le début des années 2000, elle présente une excellente opportunité de mener une telle analyse. En menant des analyses de séquences sur les trajectoires de l'ensemble des professeurs de cette institution, nous serons en mesure de mettre en lien et comparer la structure et la temporalité des carrières en fonction des différents modes de gouvernance de l'école, d'une école d'ingénieurs locale à une université technique au rayonnement international.

En nous basant sur un échantillon spécifiquement construit pour ce chapitre et contenant tous les professeurs de l'EPFL aux dates de 1980, 2000 et 2010, nous analyserons comment les carrières des professeurs se différencient en fonction de la période, soit avant et après l'adoption du modèle de l'université entrepreneuriale, mais aussi des disciplines et de la période de pré-titularisation, particulièrement par les fonctions de professeur assistant. Les carrières seront également abordées sous l'angle des parcours extra-académiques. Nous pourrions ainsi comprendre dans quelle mesure l'expérience pratique acquise hors du milieu académique bénéficie encore d'une certaine valorisation pour l'accès au poste de professeur après l'adoption du modèle de l'université entrepreneuriale, en particulier pour les domaines de recherche *appliquée*, ou si l'on assiste à une *académisation* des parcours dans la période récente. Nous questionnerons aussi les liens avec la sphère privée, passant traditionnellement par l'occupation de postes en entreprise avant la nomination de professeur ou en parallèle de la carrière académique (Cosandey 1999, Gugerli et al. 2010) pour voir s'ils ont pris une forme différente dans la période récente, par exemple une participation à des start-up ou l'occupation plus fréquente de postes non exécutifs dans des conseils d'administration de firmes privées. Nous aborderons conjointement les dimensions de l'*académisation* des carrières des professeurs et des transformations des liens avec le secteur privé, en les liant à la question de la transformation des profils du chercheur *industriel* au chercheur *entrepreneur* (Gaudillière 2015) à l'aide de données empiriques récoltées systématiquement pour chaque professeur à la fois sur les carrières professionnelles dans la sphère privée et sur les positions non exécutives, telles que la participation aux start-up.

3. Histoire de la thèse et démarche de recherche

Dans la dernière partie de cette introduction, nous proposons de revenir sur quelques aspects qui englobent, conditionnent et ont participé à définir les frontières du présent travail. Se repencher sur l'histoire de la thèse et la démarche générale de cette recherche peut permettre de redonner une dimension plus personnelle et plus incarnée, par un retour sur le parcours effectué, aux éléments qui ont à maintes reprises configuré et reconfiguré les frontières de ce travail, dont la forme « finalisée » n'est que l'une des étapes importantes. Dans cette partie formulée à la première personne, je présenterai trois enjeux qui ont jalonné le parcours d'élaboration et d'écriture de cette thèse. Je mettrai aussi en perspective la façon dont certains choix ont eu des conséquences sur la version finale de cette thèse, et comment certains aspects ont été mis de côté pour en préférer d'autres.

Découvrir et (dé)construire l'objet de la thèse

Un premier enjeu est lié à l'objet-même de ce travail : proposer une relecture sociologique des transformations récentes des sciences naturelles basée sur une prosopographie des professeurs de deux disciplines ayant joué un rôle très important dans l'avènement des sciences de la vie. D'un côté la chimie, de l'autre la biologie, deux champs disciplinaires que les sociologues ne connaissent a priori pas autant que leur propre discipline ou que les sciences sociales en général, voire pas du tout. Comme tel était mon cas, il a fallu inscrire l'apport de la sociologie dans un objet qui m'était encore inconnu. Plus difficile encore, il a été nécessaire de s'affranchir de certaines prénotions concernant l'organisation des disciplines scientifiques et de l'envie de procéder rapidement à un classement des affiliations disciplinaires, sans pour autant sombrer dans une appréciation des nombreux détails et particularités dont avaient pu me faire part les divers représentants de ces disciplines que j'avais pu rencontrer dans les premiers mois de mon parcours doctoral. D'un point de vue de l'histoire des sciences, les deux disciplines ont rarement été traitées de manière similaire, encore moins de manière conjointe, et un premier travail relativement conséquent a été de remettre en lien leurs développements pour en dresser un portrait cohérent, entre différenciations et rapprochements. Si la biologie a fait l'objet de nombreuses études, en particulier centrées sur l'affirmation de la biologie moléculaire, la chimie récente n'est au centre de l'attention ni des historiens, ni des sociologues, au point de donner l'impression d'un objet d'étude illégitime. De plus, les travaux qui y sont consacrés la présentent comme particulièrement vulnérable aux tentatives d'annexion par d'autres disciplines, au point que certains auteurs la qualifient de « science sans territoire » (Bensaude-Vincent & Stengers 1993). Pourtant, le mouvement de réductionnisme du vivant aux propriétés génétiques et moléculaires (Gros 1993, Gaudillière 2015) semble bien ancré dans les racines de cette discipline, et il a d'abord été question de comprendre pourquoi.

Au fur et à mesure des lectures, j'ai été interpellé par la place prédominante accordée à la biologie moléculaire dans les discours portant sur des nouveaux modes de production du savoir, à tel point qu'il semble qu'elle ait servi de base à l'élaboration d'une nouvelle définition des sciences de la vie, et même de « la » science en général. Le caractère hégémonique de la biologie moléculaire et les luttes que ses représentants semblaient visiblement entretenir avec d'encore obscurs « autres » qui, apparemment, étaient surtout des biologistes au départ (Strasser 2006), contrastait avec une chimie apparaissant comme plus homogène et traditionnelle au sens où elle pouvait intégrer beaucoup plus facilement différents domaines de spécialisation sans pour autant mettre en avant une interdisciplinarité particulière. Ainsi, l'objet de la thèse, qui était au départ surtout centrée sur les

professeurs de chimie et leurs liens avec les firmes privées¹⁹, s'est déplacé vers une analyse des deux disciplines, tant cette « nouvelle » biologie paraissait centrale pour penser les transformations de l'ensemble des sciences naturelles. Après une première analyse descriptive de l'échantillon des professeurs sur lequel repose cette thèse, il est apparu que la biologie moléculaire n'était en fait pas la plus importante en termes de nombre de chaires professorales et que les traces de son institutionnalisation n'étaient visibles que tardivement dans le xx^e siècle. D'un côté, cela réhabilitait l'intérêt de prendre en compte toutes les spécialisations de la discipline et, de l'autre, posait la problématique de la concurrence entre la biologie physico-chimique, ou fonctionnelle, et la chimie, notamment la chimie organique, qui était visiblement dominante auparavant. Plus encore, l'apparente nouveauté des liens entre la biologie moléculaire, les biotechnologies et les firmes privées semblait en fait fortement ancrée dans une continuité des liens entre académie et secteur privé, justement incarnée par la chimie organique depuis le début du xx^e siècle, si ce n'est même plus tôt. Je retrouvais ainsi la problématique des liens, bien qu'elle devenait secondaire.

Il a donc fallu faire *un premier choix*. Celui de ne pas traiter frontalement des liens entre académie et secteur privé, même si ceux-ci sont très importants pour comprendre comment les disciplines se sont transformées. C'est donc la partie historiographique qui a rempli l'importante fonction de mise en valeur du rôle joué par les firmes de l'industrie chimique et pharmaceutique dans la transformation des cadres de la production scientifique. La revue de la littérature en histoire des sciences et l'historiographie suisse a servi de base au développement d'une analyse de l'autonomie relative des disciplines, incluant la détention de ressources extra-académiques par les professeurs comme un indicateur de diversification du capital. C'est ainsi, au vu de la difficulté d'établir des liens de multipositionnalité entre des fonctions occupées dans l'académie et dans des firmes privées, que j'ai centré l'analyse et la récolte de données sur les carrières des professeurs qui ont fini par occuper une place centrale dans la thèse. Il devenait ainsi possible, au gré d'une récolte de données particulièrement chronophage, de restituer l'entier des parcours professionnels des professeurs entre sphère académique et secteur privé.

C'est le dernier chapitre de cette thèse (chapitre 6) qui a servi de laboratoire d'essai pour les analyses de séquences appliquées aux carrières des professeurs. Celui-ci possède un statut particulier, d'abord parce qu'il a été le support pour établir la méthode de travail et la récolte des données correspondantes pour le reste de la thèse en ce qui concerne les carrières, mais aussi parce qu'il a été réalisé en suivant un questionnaire un peu différent des autres chapitres. Avant de rejoindre formellement le projet « Elites académiques », j'ai été financé par l'EPFL pendant les premiers mois de la thèse, grâce à l'intervention de Thomas David. En lien avec ce financement, il m'a été demandé de produire un travail centré sur les professeurs de l'EPFL, travail qui a finalement débouché sur l'analyse des carrières entre sphère académique et secteur privé que je présenterai dans le chapitre. L'accès aux informations concernant les professeurs de l'EPFL ne s'est pas fait sans difficulté, et cette première phase de l'élaboration de la thèse a été très conséquente en termes de temps. Notamment, j'ai construit l'échantillon des professeurs de 2010 en marge de la base de données « Elites suisses » qui n'intègre les élites académiques que jusqu'à l'année 2000. Après une entrée en matière encourageante, je n'ai malheureusement pas pu bénéficier des facilités d'accès aux informations sur

¹⁹ L'idée qui avait donné lieu à une première problématique était qu'au vu des liens importants mentionnés par la littérature entre la chimie industrielle, la pharmacie et la recherche académique, on retrouverait chez les professeurs de nombreuses participations à des entreprises privées et qu'il serait possible de rendre compte des réseaux basés sur la multi-positionnalité des professeurs. J'avais effectué mon mémoire de Master sur les mécanismes de collaboration hors marché dans le secteur brassicole en Suisse, en particulier les stratégies d'alliances des familles et la persistance du capitalisme familial. En entamant une thèse sur les élites académiques, il m'était apparu comme allant presque « de soi » que j'allais retrouver des liens de coopération et de concentration du pouvoir entre les élites des différentes sphères. En fait, sur 882 professeurs, seuls 15 possèdent un mandat dans l'une des 110 plus grandes entreprises suisses répertoriées dans la base « Elites suisses ».

le personnel de l'institution et j'ai ainsi été amené à collecter l'ensemble des données pour cette cohorte. Cette forme de mésaventure a eu des conséquences heureuses, puisque le temps passé à récolter les informations nécessaires à la construction des séquences m'a aussi permis de déterminer la quantité et la forme des données dont j'allais avoir besoin pour établir l'analyse des séquences des 642 professeurs de biologie et de chimie. Finalement, ce chapitre a trouvé sa place dans l'argumentation générale de la thèse, car le cas de l'EPFL s'est avéré un excellent exemple pour traiter de l'impact de la transformation du mode de gouvernance des institutions académiques vers le modèle de l'université entrepreneuriale, une thématique très présente dans la littérature consacrée aux transformations récentes des sciences naturelles et des systèmes de l'enseignement supérieur (Musselin 2005 et 2010, Paradeise & Crow 2009, Clark 1998). Le statut spécifique de ce chapitre explique pourquoi j'y traite de l'ensemble des disciplines, et pas seulement du cas des sciences de la vie, car il avait été entendu dès le départ que j'intègre l'ensemble des professeurs. Lorsque j'ai reformulé la problématique de la thèse pour y inclure ce chapitre, garder cet ensemble s'avérait pertinent, puisqu'il apportait une manière de traiter du développement des sciences de la vie dans le contexte, plus large, des sciences de l'ingénieur. Il explique aussi pourquoi je n'ai pas inclus une analyse des professeurs de l'EPFZ, puisque l'objet de la recherche concernait spécifiquement l'EPFL et pas les écoles polytechniques en général.

Développer, adapter et appliquer un cadre théorique et méthodologique cohérent

Un deuxième enjeu a été de développer un ancrage théorique et méthodologique propre à la sociologie et de l'adapter à un objet peu traité de cette manière, tout en intégrant une littérature secondaire aussi volumineuse qu'éclectique. L'élaboration d'une stratégie de recherche cohérente et capable d'articuler les biographies des professeurs avec le contexte d'une histoire des sciences dépassant largement les frontières d'une analyse de la différenciation interne aux élites académiques vers laquelle tendrait *nécessairement* ce travail a donc été particulièrement fastidieuse. Face aux problématiques portées par la sociologie des sciences dominante qui ne pouvaient pas être abordées dans le cadre d'une recherche telle que la mienne, j'ai focalisé mon analyse sur des dimensions plus institutionnelles, structurelles et relationnelles des disciplines. Pour cela, l'apport de la sociologie des élites et des champs s'est révélé plus que déterminant et a fondamentalement déterminé le cadre conceptuel de la thèse. Finalement, l'ancrage de ce travail dans le projet de recherche « Elites académiques » aura autant posé les jalons de cette thèse dès le départ, avant même la mise en place d'une problématique spécifique, que j'y aurai finalement retrouvé une méthodologie et un ancrage théorique particulièrement adaptés à une approche novatrice de la sociologie des professeurs d'université.

J'ai cherché à exploiter les nombreuses pistes de recherche que peut proposer une base de données prosopographiques en mobilisant différents types de méthodes. L'apprentissage de celles-ci s'est échelonné tout au long de l'élaboration de ce travail et a pu favoriser un dialogue entre matériau empirique, appareil méthodologique et théorie. La sociologie de Bourdieu, comme celle de Mills, a cela de particulier qu'elle propose un programme de recherche permettant l'intégration de très nombreuses techniques appliquées à autant d'objets de recherche potentiels. Ainsi, j'ai pu aborder l'*espace* des professeurs de biologie et de chimie d'une manière assez classique, c'est-à-dire par l'analyse des relations entre les positions de ceux-ci déterminées par des configurations de ressources différentes, mais aussi leurs carrières et leurs réseaux. Au travers de ces analyses, il a été possible de retourner aux problématiques principales de la sociologie des sciences, des institutions académiques et des transformations des modes de production du savoir en traitant notamment de l'évolution des

profils des professeurs, des trajectoires académiques et extra-académiques, de l'interdisciplinarité et de la structure des réseaux de collaboration par projet.

Le recours à une sociologie « bourdieusienne » des champs et des espaces sociaux prête presque intrinsèquement à conséquence, à mon avis pour deux raisons. La *première raison* est qu'elle est porteuse, en tant que « sociologie générale », d'un certain idéal de compréhension étendue des mécanismes sociaux, des structures aux individus. Le concept d'*habitus*, par exemple, n'est pas mobilisable dans le cadre d'un travail tel que celui-ci, parce qu'il renvoie à une dimension subjective qui n'est pas directement mesurable par les données de la thèse qui se concentrent sur les positions et les carrières *objectives* (c'est d'ailleurs probablement ce qui donne à ce travail son aspect très « durkheimien »). Il s'agit certainement de l'une de ses limites les plus importantes, et je propose de revenir sur deux dimensions qui ne sont pas abordées dans ce travail : les **aspects subjectifs** en lien avec les positions occupées dans un espace social et les **origines sociales** des professeurs. L'approche méthodologique de l'analyse des champs comprend trois étapes, ou trois niveaux qui sont interdépendants (Bourdieu & Wacquant 1992). D'abord, un champ doit être analysé en relation avec le champ du pouvoir pour être en mesure de comprendre la position des agents dans ce dernier. Ensuite, il s'agit de rendre compte de la structure objective des relations entre les positions occupées par les agents dans le champ. Enfin, il convient de questionner l'*habitus* des agents, c'est-à-dire le système de dispositions incorporées qui, en retraduisant les caractéristiques intrinsèques et relationnelles d'une position en style de vie, sont la structure qui génère et organise les pratiques et les représentations des individus (Bourdieu 1994 : 23). Ces trois niveaux sont résumés par les notions de *positions*, de *dispositions* et de *prises de positions* (Bourdieu 1989 : 239).

Le champ scientifique est ainsi un espace de relations objectives entre des positions « et on ne peut comprendre ce qui s'y passe que si l'on situe chaque agent ou chaque institution dans ses relations objectives avec tous les autres » (Bourdieu 1994 : 68). J'ai mené un travail de construction des *espaces disciplinaires* qui sont, chez Bourdieu, des *espaces de positions*. Comme je le développerai dans la seconde partie du premier chapitre, les positions sont occupées par des professeurs définis comme des élites académiques, se situant dans le champ du pouvoir (Bourdieu 1984a) et au sommet de leur hiérarchie institutionnelle (Mills (2012 [1956])). Par contre, les données prosopographiques sur lesquelles repose le travail de cette thèse ne permettent pas d'aborder le niveau des dispositions et des représentations, c'est-à-dire des *prises de positions* modérées par l'*habitus*. A l'image des travaux de Lebaron (2000 : 72) sur les économistes, on peut faire l'hypothèse que chaque fraction du champ représente une sensibilité et des exigences différentes en termes par exemple d'objets d'étude et de méthodes légitimes qui participent à des définitions relationnellement situées de la « bonne science », c'est-à-dire d'un *illusio* propre à leur univers, puisse-t-il être défini ou non comme un champ (Lahire 1999 : 33). Comme les économistes sont les producteurs de la croyance économique (Lebaron 2001 : 91), les professeurs de biologie et de chimie sont aussi producteurs d'un discours situé sur leurs pratiques et sur le monde social (un *illusio* qui s'observe notamment à la manière dont les biologistes et les chimistes écrivent leur propre histoire). Par contre, alors qu'il est relativement convenu de faire la sociologie des économistes en lien avec leurs prises de positions, c'est-à-dire leur rattachement à des courants de pensée, les transferts d'expertise dans la sphère privée ou leurs participations dans le débat public, pareille entreprise s'avère plus délicate lorsque l'on s'intéresse aux biologistes et aux chimistes. Finalement, à l'image de la relation entre l'espace des œuvres conçu comme un champ de prises de positions et l'espace des positions des producteurs d'œuvres culturelles (Bourdieu 1992), ce sont les spécialisations disciplinaires qui, dans notre cas, correspondraient le mieux à la définition des prises de positions, reliées par homologie structurale aux positions occupées par les professeurs par le médiateur d'un *habitus scientifique* défini comme l'ensemble de dispositions qui structurent la

perception et la pratique de la recherche (Lenoir 2005 : 121), et donc d'un *habitus disciplinaire* spécifique incorporé au long de la carrière scientifique (Bourdieu 2001, Gingras 2012).

Pour être analysés, les prises de position, les goûts, les valeurs et les styles de vie nécessitent donc d'être recontextualisés en tant que pratiques sociales liées par l'*habitus* aux positions occupées par les agents dans l'espace. Ainsi, la sociologie des champs traditionnelle ne peut pas faire l'impasse sur la question des **origines sociales** qui déterminent et sont déterminées par, sinon la « classe sociale » que Bourdieu écarte de son programme, un *espace social* des différences sociales objectivées. Ainsi, « la science sociale doit construire non des classes, mais des espaces sociaux à l'intérieur desquels peuvent être découpées des classes, mais qui n'existent que sur le papier » (Bourdieu 1994 : 54). Il aurait été intéressant d'analyser le rapport entre les affiliations disciplinaires et la dotation différenciée des professeurs en capitaux culturels et économiques *hérités* (Bourdieu 1979) pour tenter de comprendre les principes qui déterminent l'accès aux institutions académiques servant en partie de lieu de la reproduction de l'élite ou, comme l'a fait Renisio (2015), pour montrer comment il existe une hiérarchie des disciplines corrélée à la hiérarchie des capitaux économiques et culturels. La prise en considération des origines sociales, à la naissance ou lors de l'entrée dans l'académie, aurait également été pertinente pour comprendre l'évolution de la composition sociale de l'élite académique, en comparant les professeurs à diverses périodes ou leur degré de mobilité ascendante. Malheureusement, les données à disposition restent lacunaires. En effet, il est excessivement difficile d'obtenir de telles informations en particulier pour la période récente. Dans le cas de la Suisse, celles-ci ne sont pas centralisées et, dans les nombreux cas où elles sont absentes des sources utilisées pour la thèse (voir la partie 1.4 Sources et récolte de données du chapitre 1), on ne peut que les retrouver dans les registres des communes. Sur 882 professeurs, nous possédons une information sur la profession du père pour 329 professeurs, soit une proportion de 37.3% de l'effectif. En fonction des cohortes, ce taux représente 63.6% des professeurs de 1910, 75.6% des professeurs de 1937, 76.3% des professeurs de 1957, 34.6% des professeurs de 1980 et seulement 14.3% des professeurs de 2000. Il a donc fallu faire un *deuxième choix*, celui de laisser de côté la dimension des origines sociales.

La *deuxième raison* qui prêche à conséquence est que la sociologie traditionnelle des champs rend périlleuse, dans son orthodoxie, l'intégration d'une analyse du **capital social** et, d'un point de vue méthodologique, de l'analyse de réseaux. Bourdieu lui-même n'a produit qu'une très faible littérature consacrée au capital social (Bourdieu 1980b et 1986, voir Lenoir 2015 pour une étude de l'évolution et du contenu de cette notion dans le travail de Bourdieu). En faisant la promotion de l'analyse des correspondances multiples, il a aussi rejeté d'autres types de méthodes, et notamment l'analyse de réseaux (De Nooy 2003 : 306). Dans le chapitre 5 consacré aux réseaux de co-requêtes de projets financés par le FNS, je décris la participation aux projets de recherche comme une ressource, mesurée par le nombre de liens de collaboration entretenus et, surtout, par la place occupée par les professeurs dans la structure du réseau des co-requêtes. Le nombre de projets en lui-même, qui est d'abord un indicateur de capital scientifique, est fortement corrélé au montant total des financements obtenus, qui est plutôt un indicateur du volume des *moyens* pour faire de la recherche, se rapprochant de la définition du capital économique corrélé au capital scientifique (Larivière et al. 2010, Gingras 2012). L'analyse des collaborations propose ainsi une définition quelque peu hybride du capital social, entre quantification et qualification des liens de collaborations (nombre de liens et disciplines des projets et des co-requérants) et renforcement des moyens autant que du prestige scientifique.

Cette forme particulière de capital renvoie à une définition spécifique du capital social qui n'est pas tout à fait celle que propose Bourdieu. En effet, le capital social est, chez ce dernier, très fortement imbriqué, voire inséparable, de la notion de champ du pouvoir, dont il pourrait bien être l'espèce propre de capital reflétant l'importance de l'entretien de liaisons entre les membres de certaines

fractions des classes dominantes (Lenoir 2016 : 282). Entendu comme un *capital de relations sociales*, il est « relativement irréductible aux différentes espèces de capital, en particulier au capital économique et au capital culturel (dont il peut *multiplier* le rendement), sans pour autant en être complètement indépendant » (Bourdieu 1989 : 418). Au contraire de la multipositionnalité qui caractérise les agents individuellement, le capital social est une variable collective (Lenoir 2016 : 282) parce qu'il « dépend du volume de capital détenu par chacun des membres des groupes dont il fait partie et du degré d'intégration de ces groupes » (Bourdieu 1989 : 418). Si le capital social chez Bourdieu se définit en étroite relation avec l'*habitus mondain* et mesure surtout les « bonnes » manières d'acquérir ce type de capital, c'est-à-dire « le « sens » des convenances (« le bon ton »), « l'esprit » de conversation (« les bons mots »), le sens de la répartition [...] » (Lenoir 2016 : 287), le capital social tel que je le mobilise dans cette thèse est plutôt une mesure du nombre et du type de relations objectives, et non interpersonnelles (De Nooy 2003 : 305), développées par les professeurs et qui peuvent participer à renforcer une position dominante en termes de capital scientifique ou, au contraire, combler un déficit de légitimité scientifique.

Si j'évoque la notion de *capital social* dans la partie théorique de la thèse en lien avec la notion d'autonomie relative, dans le sens où un fort volume de relations entretenues peut être un indicateur d'homogénéité sociale d'un groupe (disciplinaire) (Lenoir 2016 : 283), et dans la partie consacrée aux méthodes en lien avec la complémentarité des analyses de réseaux et des correspondances multiples (De Nooy 2003, Denord 2015), j'ai choisi de la développer dans le chapitre 5. En effet, comme je le rappellerai dans la partie correspondante, j'ai fait le choix de ne pas inclure la mesure du capital social des professeurs comme une variable *active* pour l'ACM du chapitre 4, cela pour deux raisons qui sont liées. La première est d'ordre méthodologique : les données relatives aux projets ne sont disponibles que depuis 1975 et, si l'on peut supposer qu'elles sont complètes pour la cohorte des professeurs de 2000, elles restent limitées pour les professeurs de la cohorte de 1980 et quasi inexistantes pour celle de 1957. La seconde raison est plus théorique : les indicateurs du capital social ne mesurent pas la même chose que les quatre autres types de capitaux. En effet, le nombre de projets étant fortement dépendant de l'âge des professeurs, le *volume* de capital social mesuré par ce biais aurait été très dépendant de cet aspect et il aurait été nécessaire d'intégrer une mesure du capital social « à âge égal », ce qui n'est pas le cas des autres types de capitaux qui sont construits sur la détention « totale » de ressources des différents types. Un *troisième choix* important a donc été d'intégrer la dimension des collaborations scientifiques, certes comme génératrice de ressources, mais non déterminante de la structure de l'espace des professeurs. La projection des modalités du capital social en tant que variables *supplémentaires* permet de faire le lien avec les différentes espèces de capital pour comprendre notamment comment celui-ci s'associe et renforce certaines modalités du capital scientifique mesuré par d'autres dimensions que l'accès aux projets de recherche.

Donner du sens dans les limites de ma démarche

Le troisième et dernier enjeu que je souhaite aborder est lié aux limites de ma démarche de recherche et, par extension, à la question du sens à donner à l'arsenal de « résultats » produits dans le cadre de la thèse. L'adoption d'une démarche centrée sur une prosopographie des professeurs de biologie et de chimie a permis d'explorer un nombre considérable de thématiques, et de les « confronter » à des données à la fois riches et systématiques. Comme je l'ai mentionné, j'ai mobilisé les outils qui me semblaient appropriés pour mener une analyse des « cadres » sociaux des sciences, c'est-à-dire que j'ai axé ma recherche sur la compréhension des mécanismes qui structurent un espace académique spécifique (celui des professeurs de biologie et de chimie) et sur la manière dont le cas suisse pouvait ou non refléter des dynamiques plus globales des transformations de la hiérarchie des sciences. Pour

cela, l'analyse des correspondances multiples permettait une compréhension approfondie des dynamiques relationnelles qui structurent les espaces disciplinaires, l'analyse de séquences y rajoutait une dimension temporelle, l'analyse de réseaux permettait d'intégrer les pratiques interdisciplinaires à, et par, une analyse structurale et relationnelle et, enfin, les modèles linéaires généralisés pouvaient permettre de rendre compte de l'impact différencié de certaines variables d'intérêt sur certains résultats produits par les autres classes de méthodes. Ce programme a eu, selon moi, deux limites. *Premièrement*, il fixait un cadre relativement strict, c'est-à-dire que les méthodes étroitement liées au matériau dont je disposais constituaient les bases définies à partir desquelles je pouvais tenter de monter en généralité. Pas d'entretiens, pas d'observations en laboratoire, mais une sorte d'ethnographie quantitative (Gros 2017) se substituant aux méthodes plus légitimes de l'étude des sciences et techniques. Epistémologiquement, je me retrouvais en pleine « guerre des clans », au carrefour de ce que Julien Gros (2017) nomme habilement un « conflit d'héritage » entre le raisonnement par cas et le raisonnement inférentiel. Encore une fois, le cadre précis de ma démarche de recherche aura eu des conséquences heureuses, puisque j'ai été « forcé » de mettre en perspective les méthodes et le matériau de recherche et, pour le bien de mon propre apprentissage, de déconstruire certains « allant de soi » du rapport des méthodes aux données.

Deuxièmement, il a été question de trouver comment réinscrire les « résultats » obtenus par un *package* de méthodes plutôt quantitatives dans la littérature existante, mais aussi d'être en mesure de retourner aux sources mêmes de ce travail. L'un des points forts en est certainement l'exploitation d'une base originale réunissant une masse importante de données dont la récolte a peut-être été l'investissement majeur en termes de temps. Par contre, un point faible réside dans la difficulté à s'extraire de ces données, d'autant plus que la démarche de la thèse reste essentiellement inductive, notamment parce qu'il n'existe que très peu d'études sur lesquelles se baser pour établir des hypothèses solides ou, même, des comparaisons. Ce dernier aspect est peut-être ce qui rend ce travail parfois un peu « scolaire », dans ce que le besoin d'abord de décrire, puis de systématiser les analyses, a indéniablement participé à réduire les possibilités d'interprétations plus fournies et de réinscriptions des phénomènes observés dans une perspective sociologique plus large ou, au contraire, dans des problématiques plus spécifiques aux sous-ensembles observés. L'une des solutions proposées a été d'intégrer plus explicitement le dialogue entre aspects « qualitatifs » et « quantitatifs » rendu possible par l'emploi de techniques d'analyses capables de renvoyer aux deux dimensions. Les méthodes mobilisées permettent en effet de s'extraire du dualisme « qualitatif/quantitatif » (Renisio & Sinthon 2014) pour autant que les modalités de leur utilisation et les particularités de la base de données utilisée soient explicitement exposées (Gros 2017 : 131). Un *quatrième et dernier choix* a donc été de présenter d'abord la construction de l'échantillon des professeurs et la manière dont j'allais articuler les méthodes avec les données et les méthodes entre elles, pour ensuite revenir sur les enjeux spécifiques aux analyses dans les chapitres correspondants. On retrouvera ainsi des précisions sur l'application des méthodes aux données tout au long de la thèse, mais la description des méthodes sera contenue dans une sous-partie définie du chapitre 2. Finalement, l'usage de méthodes statistiques traditionnellement inférentielles aura permis l'approfondissement d'une explication descriptive des effets de certains facteurs, tandis que les statistiques traditionnellement descriptives auront été utilisées pour comprendre le fonctionnement des dynamiques relationnelles entre les positions des professeurs. Ainsi, ce travail de thèse ne cherche pas à établir des lois, ni des relations causales, mais à présenter dans tous ses détails une étude descriptive approfondie (Savage 2019) des structures relationnelles qui déterminent la hiérarchie des disciplines et les cadres de la production du savoir.

Chapitre 1. Changements et inertie des dynamiques structurales, autonomie relative et capitaux des professeurs

Ce premier chapitre est consacré au cadre conceptuel de la thèse. Depuis les années 1980, un nombre conséquent de travaux a été consacré à l'analyse des transformations des cadres de l'activité scientifique et de la production du savoir dans la période récente, dont il est nécessaire de rendre compte avant d'articuler le cadre théorique spécifique de ce travail. Ce chapitre se divise donc en deux parties. D'abord, nous présenterons trois approches classiques des transformations récentes de la production du savoir et les critiques que l'on peut y apporter. Dans la seconde partie, nous développerons le cadre conceptuel de la sociologie des élites et du champ académique dans lequel s'inscrit notre travail pour tenter de répondre à quelques-unes de ces critiques et faire le lien avec la stratégie de recherche et les méthodes qui seront présentées dans le chapitre 2.

Un enjeu principal de ce travail a été de proposer un cadre conceptuel cohérent pouvant prendre en compte la littérature existante tout en proposant un regard sociologique faisant globalement défaut aux études consacrées aux sciences naturelles, mais aussi un appareil théorique et méthodologique permettant d'analyser les données prosopographiques d'une population particulière autour desquelles tout le présent travail est construit. Nous commençons donc cette partie avec trois approches des transformations récentes de la production du savoir.

1. Trois approches des transformations récentes de la production du savoir

Dans cette première partie, nous reprenons les théories récentes des transformations de la production du savoir selon trois approches : les approches de la *rupture* dans les modes de production du savoir centrées sur les *pratiques*, les approches centrées sur les *institutions* et les approches qui s'intéressent aux *figures des chercheurs*. D'abord, nous présentons une première approche classique, celle de la *New Production of Knowledge* développée par Gibbons et al. (1994) ainsi que celle de la *Triple Helix* proposée par Etzkowitz et Leydesdorff (1997). Ensuite, nous présentons un deuxième groupe d'approches axées sur l'analyse des structures institutionnelles et les cadres nationaux (Musselin 2005) et qui se positionnent souvent en réaction critique à celles de la « nouvelle société de la connaissance » en lien avec la première approche. Enfin, nous présenterons un troisième groupe d'approches plus historiques et axées sur la transformation des profils des chercheurs vers la figure du *chercheur entrepreneur* (Gaudillière 2015, Owen-Smith & Powell 2004).

1.1 Rupture des modes de production du savoir

Gibbons et al. (1994) divisent le *xx^e* siècle en deux « modes » de production scientifique²⁰. D'abord, un mode *traditionnel* dans la première moitié du siècle caractérisé par l'absence de lien entre l'industrie et la recherche académique, qui fait place dans la seconde partie du siècle à un nouveau mode

²⁰ Gibbons est souvent décrié pour sa proximité avec les pouvoirs institutionnels néo-libéraux (Bonneuil & Joly 2013 : 24). Il a d'ailleurs lui-même été professeur de politique et économie de la recherche au Royaume-Uni, conseiller de l'OCDE et secrétaire général de l'Association des universités du Commonwealth de 1996 à 2004.

caractérisé par l'interdisciplinarité, la mobilité et le développement de liens entre les universités et la sphère privée. Le propos central contenu dans *The New Production of Knowledge* (1994) consiste à identifier une rupture radicale : le « mode 2 » aurait émergé après la Seconde Guerre mondiale face au « mode 1 » qui prédominait jusque-là. Les deux modes sont résumés ainsi par Gibbons et al. (1994 : 3). Dans le mode 1, les problèmes sont définis et résolus au sein d'un contexte gouverné par les intérêts spécifiques d'une communauté très largement composée d'académiciens. Ce mode est homogène, disciplinaire, hiérarchique et tente de se préserver, alors que le mode 2 est hétérogène, transdisciplinaire et transitoire, ce qui le rend plus réflexif et responsable envers la société. Comme le mentionnent les auteurs eux-mêmes, le « mode 2 » est avant tout un *projet* plus qu'un concept.

« 'Mode 2' is not only a concept, inherently open to manipulation or exploitation by others (even in ways of which we may disapprove); it is also a project, an example of the social distribution of knowledge, which it seeks to describe. » (Nowotny et al. 2003 : 180)

Dans une perspective critique, Shinn & Ragouet (2005 : 136-137) en proposent la relecture suivante : « les parois rigides qui, autrefois, séparaient la science et la technologie comme celles qui séparaient science, technologie d'un côté et société et industrie de l'autre s'effondrent : la science se diffuse soudain dans la sphère de l'industrie et dans le corps social, elle est progressivement dépouillée de son identité historique et de ses particularités institutionnelles et organisationnelles ».

L'intérêt de cette approche réside, selon nous, dans ce que la thèse de la possible (et souhaitable selon les auteurs) *fin des disciplines* et de la *transdisciplinarité* (Nowotny et al. 2003 : 186) comme moyen de l'innovation nécessaire à la résolution de problèmes de société concrets (c'est-à-dire économiques et politiques) engage comme débat autour des formes de l'interdisciplinarité et du *devenir* des disciplines (Heilbron & Gingras 2015, Louvel 2015, Marcovich & Shinn 2011). Si celles-ci sont comprises comme des institutions sociales qui définissent les pratiques scientifiques et sont caractérisées par une forme de stabilité elle-même garantie par l'inertie de la structure des champs scientifique et académique (Bourdieu 1976 et 1984a, Abbott 2001a), alors le contexte du « mode 2 » est quasiment impossible à vérifier empiriquement. Comme le montre Musselin (2009 : 77), « des auteurs comme Gibbons ont diffusé l'idée d'une absence de recouvrement entre intérêts scientifiques et sociétaux et suggéré qu'il fallait faire évoluer les systèmes d'enseignement supérieur et de recherche de manière à ce que les premiers soient arrimés aux seconds ». On trouve aussi chez Pestre (2003) une critique à la thèse de Gibbons soulignant le fait que la science n'a jamais existé sous sa forme « pure » et que, par conséquent, elle a toujours été dépendante de la politique et de la production industrielle.

Une autre variante de l'approche de la rupture des modes de la production du savoir est celle de la *Triple Helix* proposée par Etzkowitz et Leydesdorff (1997, 1998, 2000) qui cherchent à replacer les dynamiques d'innovation dans un schéma d'interrelation entre universités, industries et autorités politiques, caractéristique des « increasingly knowledge-based societies²¹ » (Etzkowitz & Leydesdorff 2000 : 109). Pour Etzkowitz et Leydesdorff (1998), le déclin de la sphère militaire et l'accroissement du rôle des universités dans l'innovation scientifique participent à restructurer le triangle de l'élite au pouvoir tel qu'analysé par Mills (2012 [1956]) vers plus de collaborations, de réseaux et la fin des frontières entre science et industrie. En passant du complexe militaro-industriel au complexe scientifico-industriel, l'accroissement des partenariats public-privé, des réseaux et des structures d'innovation telles que les plateformes interdisciplinaires seraient la manifestation d'un estompement des frontières entre les sphères académique, politique et économique (Enders & de Weert 2004). Une nouvelle fois, ce modèle semble s'appuyer sur l'évolution récente des sciences naturelles depuis la fin des années 1970 et la rationalisation de la biologie est à nouveau comprise comme un moteur des

²¹ On retrouve à nouveau une référence au contexte de la nouvelle économie du savoir présentée en introduction.

transformations des sphères académique et économique et des liens qu'elles entretiennent entre elles. Si ce modèle présente l'intérêt de mettre le rôle de l'académie au centre d'une dynamique de coopération entre sphères économique et politique, il la considère néanmoins comme un réseau au sein duquel chaque acteur d'un type donné pourrait remplir les fonctions de n'importe quel autre d'un autre type (Enders & de Weert 2004 : 143).

Tout comme Gibbons et al., Etzkowitz et Leydesdorff identifient une transition d'un « ancien » mode de production scientifique et de relations entre sphères d'activité vers un « nouveau » mode caractérisé par une porosité croissante des frontières du monde académique et des disciplines, une intensification de l'interdisciplinarité et une place centrale accordée aux stratégies individuelles dans les processus de collaboration et d'innovation. Les deux modèles diffèrent cependant radicalement sur la question de la temporalité. Celui de la *New Production of Knowledge* identifie une rupture, alors que celui de la *Triple Helix* insiste sur la continuité des changements amenant l'académie à prendre progressivement de la place dans les questions liées à l'innovation. Alors que la réception de ce second modèle est restée cantonnée aux membres de la sphère académique, celui du « mode 2 » en a largement dépassé les frontières et a nourri les intérêts des pouvoirs économiques et politiques. Dans un article spécifiquement consacré à la comparaison critique des deux modèles, Shinn (2002) en relève deux limites majeures. Premièrement, les deux se désintéressent complètement de la question des cadres nationaux en privilégiant une vision de la globalisation comme affranchie de toutes frontières, alors qu'il est largement partagé que ce mouvement ne s'accompagne pas d'une dénationalisation des sciences et des institutions scientifiques, de la politique scientifique et des carrières. Deuxièmement, aucune des deux théories n'intègre la notion de division du travail ou de la différenciation des disciplines, ce qui a pour conséquence la mise de côté des rapports de pouvoir entre individus et institutions.

La thèse d'une rupture historique où un « mode 1 » est remplacé par un « mode 2 » a connu un écho très important dans les milieux académiques, mais aussi politiques et économiques et soutenu l'introduction d'une vision proprement *entrepreneuriale* des institutions académiques. On retrouve cette *rupture* notamment dans le modèle de l'université entrepreneuriale (Clark 1998), en ce qu'il a pour objectif de faire évoluer les systèmes d'enseignement supérieur et de la recherche de manière à ce que les intérêts scientifiques s'arriment aux intérêts sociétaux (Musselin 2009). On retrouve une littérature orientée vers la « recherche de solutions » permettant aux universités de se réformer pour se préparer à gérer ces nouveaux enjeux économiques de la science, comme dans l'ouvrage collectif *Preparing Universities for an Era of Change* édité par Weber et Duderstadt (2014). Enfin, il est également intéressant d'intégrer ces travaux sur cette « nouvelle ère » caractérisée par une forme spécifique de la production du savoir pour comprendre les nouvelles formes de l'évaluation scientifique, les classements (*ranking*) et même les modes de financement de la recherche encourageant le travail par projet. Cette vision *entrepreneuriale* de l'université insiste ainsi sur l'importance de la recherche scientifique pour la croissance économique et certaines innovations technologiques, notamment dans le secteur biomédical et des communications. Les nouvelles technologies deviennent ainsi à la fois le moteur et la conséquence du développement de l'innovation scientifique, au centre des récents débats autour de la *managérialisation* des universités (Bonneuil & Joly 2013, Musselin 2009, Lamy & Shinn 2006).

1.2 Systèmes d'enseignement supérieur et politiques de la science

Les travaux réunis dans l'approche des *modes de production scientifique* présentée ci-dessus se réunissent dans une perspective influencée par l'économie et la gestion d'entreprise et sont souvent

promoteurs d'incitations à la valorisation économique de la science (Aust & Crespy 2014 : 7). De manière générale, on peut relever que la sociologie des sciences ne s'est intéressée que tardivement aux politiques de la recherche et à leur incidence sur la production du savoir et les institutions académiques (Aust & Crespy 2014 : 6). La fin des années 1990 voit ainsi revenir des approches plus institutionnelles axées sur les systèmes d'enseignement supérieur et des transformations de la gouvernance des universités, ainsi que leur ancrage dans les contextes nationaux et les disciplines. Comme le souligne Gingras (2012 : 293) : « A la faveur des transformations importantes du champ scientifique et de ses relations avec le champ universitaire et les champs économique et politique qui ont caractérisé la période 1980-2000, la question du rôle des institutions est revenue à l'avant-scène des préoccupations des sociologues. » La deuxième approche présentée ici se développe ainsi en quelque sorte en opposition à la précédente. Elle se focalise sur les contextes nationaux, le rôle de l'Etat, des politiques de la science et des systèmes d'enseignement supérieur, en soulignant notamment le rôle croissant des institutions universitaires dans la gestion des carrières académiques et le mouvement de *managérialisation* des universités (Enders 2004, Musselin 2005 et 2010, Paradeise 2011, Paradeise et al. 2015, Aust & Crespy 2014, Benninghoff et al. 2017). Elle montre comment l'intégration croissante de nouveaux acteurs externes à l'académie a pu avoir un impact important dans la gestion des universités et leur inscription dans des logiques de privatisation²² (Musselin 2008), de même qu'elle discute le concept de « marché » appliqué aux universitaires (Musselin 2005, Fumasoli & Goastellec 2015b, Fumasoli et al. 2015). A ce propos, Paradeise et al. (2015) nuancent l'idée d'une évolution vers une forme de capitalisme académique engageant un effort de rationalisation ayant pour effet d'engendrer un transfert de pouvoir des bureaucraties professionnelles vers l'administration des universités. Elles font état d'une double dynamique. D'un côté, les universités se renforcent sous la forme d'organisations intégrées²³ devant faire face aux conséquences des inégalités entre les gagnants et les perdants dans l'accès aux ressources. De l'autre, la concurrence entre les individus pour l'accès aux ressources les encourage à devenir *entrepreneurs* dans le cadre de projets centrés d'abord sur les individualités qui participent à bouleverser les normes académiques (Paradeise et al. 2015 : 22).

« Pour autant, cette rationalisation a pour corollaire le développement de la standardisation des règles et procédures dans les établissements, force centripète qui vise à renforcer leur cohérence organisationnelle, éventuellement au détriment des singularités scientifiques de leurs composantes. » (Paradeise et al. 2015 : 22)

La littérature réunie sous cette approche montre aussi que les dynamiques les transformations du monde académique dans la période récente ont un impact sur les carrières. D'un côté, ces travaux soulignent le rôle des modèles nationaux dans la régulation des carrières professorales et, d'un autre côté, ils montrent un mouvement de standardisation et de formalisation des trajectoires académiques au travers, notamment, de l'autonomie croissante des institutions universitaires dans la gestion des carrières (Musselin 2005). On retrouve une tension intéressante entre, d'une part, le constat d'une autonomie croissante, le renforcement de l'internationalisation menant à une standardisation des trajectoires académiques et, d'autre part, l'intégration des logiques plus entrepreneuriales faisant davantage penser à une dynamique d'hétérogénéisation des normes académiques. Derrière cette apparente contradiction – le capital économique s'oppose théoriquement au capital culturel chez Bourdieu (1979, 1984b) et le capital scientifique qui confère l'autorité scientifique aux agents du champ est défini comme un capital symbolique de reconnaissance par les pairs qui produit plutôt un

²² Musselin (2008) parle de l'accroissement du rôle des *stakeholders* définis comme les « parties prenantes » ou les partenaires, qu'ils soient externes (entreprises, représentants de la société civile) ou internes (étudiants, salariés des établissements) dans le but d'articuler les intérêts académiques, voire les subordonner, aux enjeux poursuivis par les acteurs qui sont concernés par les activités universitaires.

²³ Ce type d'organisation économique décrit une structure ayant des compétences à la fois internes et externes, gérant ainsi autant ses ressources humaines que la coordination avec l'extérieur, par exemple les pouvoirs publics.

effet de *fermeture* du champ (Bourdieu 2001 : 113) – on constate que la période récente est caractérisée par une intégration des logiques de *managérialisation* des universités et de concurrence pour l'accès aux positions académiques qui s'accompagne justement d'une formalisation des carrières sur des critères proprement académiques (Goastellec & Benninghoff 2011 : 131). On peut prendre les exemples de l'importance prise par le titre de doctorat comme condition quasi obligatoire pour l'accès aux postes académiques (Enders & De Weert 2004, Enders 2005) et de la période postdoctorale qui se généralise à toutes les disciplines (Brechelmacher et al. 2015, Fumasoli et al. 2015 : 205). Nous mobiliserons le concept d'autonomie relative dans la partie théorique pour tenter de lier ces deux aspects à première vue inconciliables.

« Chose certaine, la question de l'autonomie et de l'hétéronomie du champ scientifique est loin d'être binaire et se décline de façons multiples et changeantes, plusieurs aménagements pouvant cohabiter au sein des mêmes institutions, interdisant ainsi les simplifications commodes et les dichotomies factices. En effet, l'intensification des relations université-entreprise favorise aussi certains agents dans le champ scientifique en leur donnant accès à des ressources ou des objets autrement inaccessibles. » (Gingras & Gemme 2006 : 58)

Si ces travaux liés à l'approche institutionnelle mettent en avant d'importantes transformations du système de l'enseignement supérieur ainsi que le rôle croissant des universités dans le champ scientifique, ils sont fortement critiques à l'encontre des théories de la *New Production of Knowledge*. En effet, si les deux approches attestent du mouvement de *managérialisation* des universités, les approches institutionnelles reprochent ouvertement aux premières une prise de parti en faveur de ces changements (Shinn 2002, Musselin 2008, 2009 et 2010, Paradeise 2011). De manière générale, les transformations de la gouvernance des universités vers un modèle plus entrepreneurial sont plus perçues comme des *guidelines* destinées aux pouvoirs académiques et politiques que comme de véritables programmes de recherche (Shinn 2002). D'autres travaux critiquent la perspective de la *fin des disciplines* et soulignent la permanence des logiques disciplinaires, ou du moins des disciplines en tant que systèmes institutionnels, comme une dimension importante de la gestion des carrières et de l'accès aux positions académiques (Enders & De Weert 2004, Enders 2005, Kaulish & Enders 2005, Paradeise et al. 2015, Fumasoli & Goastellec 2015a, Brechelmacher et al. 2015, Gorda & Leresche 2015). Les études institutionnelles mettent en revanche peu en perspective les transformations des cadres institutionnels avec les profils des acteurs du champ académique et leurs relations de pouvoir. Par exemple, les disciplines sont abordées en tant que structures institutionnelles déterminantes notamment pour les carrières académiques, mais elles restent rarement problématisées en tant que soumises à une hiérarchie symbolique ayant un impact décisif sur les normes du champ scientifique. L'un des nombreux points forts de cette littérature repose sur le fait qu'elle se décline en de nombreuses études consacrées aux cas nationaux, et notamment au cas suisse. Nous pourrions ainsi nous appuyer sur des travaux comme ceux de Benninghoff & Leresche (2003), Fleury & Joye (2003), Lepori (2007), Benninghoff & Goastellec (2009), Benninghoff & Braun (2010), Joye-Cagnard (2010), Goastellec & Benninghoff (2011), Leresche et al. (2012), Goastellec et al. (2013) ou Fumasoli & Goastellec 2015b) pour expliciter le contexte institutionnel de la Suisse.

1.3 Changement de profil : Du chercheur *inventeur* au chercheur *entrepreneur*

On trouve des travaux d'un autre type consacrés cette fois directement aux figures types des chercheurs, dont les changements sont principalement mis en perspective avec ceux des liens entre académie et secteur privé de manière historique. A nouveau, la chimie et les sciences de la vie sont prises pour exemple, en ce que ce sont principalement dans ces domaines que les relations avec le secteur privé sont considérées comme les plus importantes. Pour Gaudillière (2015) par exemple, les évolutions des sciences naturelles et la place croissante du génie génétique dans la recherche auraient

fortement influencé la manière de faire de la recherche, surtout dans la recherche appliquée. Suivant celui-ci, on peut diviser le xx^e siècle en trois périodes et trois profils types directement liés à trois formes de collaborations entre science et industrie : le chercheur *inventeur*, le chercheur *industriel* et le chercheur *entrepreneur*. C'est surtout cette dernière figure qui est développée dans la littérature récente par exemple par Owen-Smith et Powell (2004) et Bürgi (2011), en tant que conséquence du contexte de la « nouvelle économie du savoir » amenant les chercheurs à en devenir les véritables acteurs, toujours en référence au « mode 2 » de Gibbons et al. (1994).

« Selon les antidifférenciationnistes, qui insistent sur la globalité des transformations, la mercantilisation des institutions scientifiques, fort tangible, s'accompagnerait de celle des chercheurs : ils deviendraient des entrepreneurs. Car leurs pratiques, leurs représentations, leurs valeurs, leur ethos ne sauraient échapper à l'hétéronomisation générale des champs scientifiques. » (Lamy & Shinn 2006 : 24)

Ce que nous retenons de cette littérature et plus précisément du travail de Gaudillière (2015), c'est son découpage en types de profils illustratifs de trois périodes caractérisées par trois modes différents de collaboration entre académie et industrie. La première phase (1860-1920) est associée à la figure du chercheur *inventeur* qui caractérise une période où les universités jouent un grand rôle comme lieu de production de la connaissance scientifique, alors que les firmes privées sont plutôt spécialisées dans la production et la commercialisation des produits de la recherche, comme c'est le cas pour l'industrie chimique. L'activité scientifique prend ainsi place dans le cadre des universités, mais pas dans celui des entreprises. En Suisse, cette période est fortement influencée par le *modèle allemand* qui met en avant le rôle de la recherche dans le développement industriel, notamment dans l'industrie des colorants textiles et le début de l'industrie chimique (Straumann 1997). Si les rôles des universités et du secteur privé sont clairement distincts durant cette période, de nombreuses collaborations existent déjà, notamment par l'intermédiaire des professeurs de chimie, qui sont à l'origine des premiers ponts entre la recherche académique, la formation des chimistes et le développement de la chimie industrielle (Tamm 1997, Simon 2010). Cette dernière compte, avec la pharmacie, l'électricité et l'électronique, parmi les secteurs de haute technologie retenus par l'historiographie comme des exemples de l'émergence, au début du xx^e siècle, de la recherche d'entreprise (Gaudillière 2015). Elle précède la figure du chercheur *industriel*, plus récente et « sans équivalent au xix^e siècle ; du moins si l'on prend soin de distinguer la recherche industrielle de l'existence de collaborations et échanges entre université et entreprises, lesquelles ont une histoire aussi longue que celle des institutions académiques » (Gaudillière 2015 : 86).

La deuxième phase (1920-1980) voit donc l'émergence et la consolidation de la recherche au sein de laboratoires privés autour de la figure du chercheur *industriel*. Bürgi (2011) retrace très bien cette période et ces enjeux pour le cas suisse au travers des exemples des firmes Ciba-Geigy et Roche et la création de laboratoires *in-house* incluant non plus uniquement le développement de produits, mais également de la recherche, au sein desquels des professeurs d'université se voient proposer la direction de groupes de recherche (Bürgi 2011). Cette période charnière est aussi marquée par l'intégration progressive de la biologie dans l'industrie. L'intérêt des entreprises du secteur pharmaceutique pour les procédés biologiques est dû aux développements scientifiques de la biologie moléculaire et de la génétique de cette époque, mais ils sont aussi motivés par des enjeux politiques et économiques. Notamment, le renforcement des dispositifs de régulation des produits pharmaceutiques et certains « scandales » associés au monde de la chimie, comme le cas du DDT qui fut interdit aux Etats-Unis puis dans de nombreux autres pays dès 1972 à la suite d'une dénonciation de ses effets destructeurs sur la faune et la flore (Breiding 2013 : 306). Un des exemples couramment cités est celui de la réforme de la Food and Drug Administration (FDA) en 1962 aux Etats-Unis qui oblige

des essais systématiques de *screening*²⁴ sur les médicaments destinés à être commercialisés sur le territoire américain (Gaudillière 2015). Suite à cette réforme, l'intégration de biologistes dans les laboratoires industriels devient un atout sérieux alors qu'auparavant, il n'était pas nécessaire de mener ce type de tests sur les produits pharmaceutiques. On peut considérer que cette période reflète une sorte de processus d'*académisation* des firmes industrielles. Afin de recruter des chercheurs en biologie habitués à la recherche au sein des institutions académiques, une stratégie des entreprises privées sera de chercher à reproduire des conditions « académiques » dans leurs laboratoires, impliquant dans certains cas un changement assez radical d'un « ancien » modèle dans lequel les individus étaient d'abord soumis à des impératifs de performance industrielle vers plus de « laisser faire » propre à la recherche fondamentale. Ce régime de l'« usine à chercheurs » sera ensuite largement critiqué du point de vue des départements internes des firmes qui auraient cultivé une « forme de « retranchement » les faisant ressembler à des départements académiques » (Gaudillière 2015 : 98).

Enfin, la dernière phase correspond au développement de l'« économie de la connaissance » depuis les années 1980 et de la figure du chercheur *entrepreneur*. Beaucoup d'auteurs la considèrent comme une période de reconfiguration des collaborations entre université et industrie, notamment via un mouvement d'externalisation des secteurs de recherche et développement des grandes firmes vers les universités et les start-up. Les grandes firmes réduisent la taille de leurs plateformes de recherche, ou les suppriment complètement, pour favoriser la constitution d'un réseau de firmes partenaires ou le financement de plateformes directement au sein des institutions académiques (Gaudillière 2015). Cette troisième période correspond à celle de l'expansion des start-up de biotechnologies qui n'émergent pas directement des grandes firmes, mais sont plutôt le fait de membres de l'académie. Alors qu'auparavant, les entreprises tendaient à recruter des chercheurs au sein de leur propre structure, ce nouveau modèle encourage les chercheurs à créer leurs propres entreprises dans le but de valoriser les résultats de leurs recherches sur le marché privé. A cette période, la biologie moléculaire ne serait pas seulement devenue « dominante » dans la hiérarchie des disciplines scientifiques, mais aurait également largement étendu son autorité à la sphère économique au travers de ses possibilités d'applications pratiques.

Les approches historiques des changements de profils des chercheurs remettent en perspective le caractère *nouveau* des liens entre académie et secteur privé. Elles montrent aussi le rôle central de la biologie et de la chimie dans les reconfigurations de l'organisation des marchés privés en montrant que le rapprochement entre ces deux disciplines peut être interprété comme une conséquence de l'externalisation de la R&D des grandes firmes, généralement interprétée comme la conséquence d'un processus de « rationalisation » visant une réduction des coûts de production. Plus encore, l'émergence de la figure du chercheur *entrepreneur* met en évidence de profondes transformations des relations entre sciences, industrie et marchés (Gaudillière 2015 : 98-100). Ces trois phases montrent aussi un changement dans les disciplines qui prédominent dans les relations industrielles. Dans les deux premières, c'est la chimie qui domine les relations entre les sphères académique et privée. Ensuite, on assiste à un regain d'intérêt pour la biologie à partir des années 1970 qui marquent une période de transition vers un troisième modèle caractérisé par une affirmation des logiques entrepreneuriales au sein des universités. Alors que la biologie moléculaire s'est considérablement développée déjà depuis les années 1960 (Strasser 2002, Morange 2016, Gros 1993), ce n'est qu'à partir des années 1970-80 qu'elle devient un centre d'intérêt pour l'industrie notamment pharmaceutique, période à laquelle se développent massivement les start-up de biotechnologies fondées par des

²⁴ La méthode du *screening*, un anglicisme synonyme de test de dépistage, consiste à tester sur des animaux des substances organiques actives issues de la synthèse chimique dans le but d'en découvrir les effets (Haller 2015 : 199).

chercheurs et dont la majeure partie sera ensuite intégrée aux grandes firmes (Breiding 2013, Maupertuis 1999).

Si elles ont le mérite incontestable de remettre les transformations des rapports entre académie et secteur privé dans le temps long, et par là de donner une assise historique à la critique de la théorie du « mode 2 », ces approches se concentrent uniquement sur les sous-disciplines de la chimie et de la biologie ayant eu un impact important sur le monde industriel, c'est-à-dire la chimie organique, la biologie moléculaire, la génétique et les sciences de la vie. En revanche, elles ne proposent qu'à de rares exceptions un focus sur les autres sous-disciplines, qui sont pourtant bien plus nombreuses²⁵. Mais surtout, elles ne permettent pas de comprendre les transformations du champ académique, c'est-à-dire la place changeante des disciplines de la biologie et de la chimie dans leur ensemble, ni les rapprochements de certaines sous-disciplines au-delà du domaine des biotechnologies.

Dans cette première partie, nous avons montré comment les transformations récentes de la production scientifique étaient abordées selon trois approches prenant chacune comme référence, pour l'appuyer ou la critiquer, la théorie de la *New Production of Knowledge* de Gibbons et al. (1994). Elles ont en effet en commun de chercher à comprendre comment les conditions de la production du savoir se sont transformées au cours du xx^e siècle pour atteindre une configuration nouvelle dans laquelle le degré d'inertie des logiques académiques est considéré de façon variable. Si les partisans du « mode 2 » plaident en faveur d'une hétéronomisation croissante des logiques académiques et un affaiblissement, voire une disparition des frontières disciplinaires, ces théories qualifiées d'antidifférenciationnistes (Lamy & Shinn 2006) sont largement critiquées par les tenants d'une perspective plus institutionnelle et d'une sociologie des sciences focalisée sur les « cadres » sociaux de la production scientifique qui considèrent les institutions académiques et les disciplines comme les structures déterminantes des carrières académiques et des normes de l'activité de recherche. Dans la partie suivante, nous présenterons le cadre théorique que nous mobilisons pour cette thèse. Nous montrerons comment une approche par les professeurs en tant qu'élites académiques peut permettre de dépasser cette apparente contradiction en replaçant au centre de l'analyse la question de l'autonomie relative du champ académique.

2. Une sociologie des élites du champ académique

Les trois approches que nous avons identifiées se focalisent sur trois niveaux différents : les pratiques, les institutions et les acteurs. Dans cette thèse, nous cherchons à remettre en lien ces deux derniers niveaux, qui sont souvent traités de manière indépendante par la littérature²⁶. Pour suivre les propos de Mills en introduction de *L'imagination sociologique* (1967 [1959]), « neither the life of an individual nor the history of a society can be understood without understanding both ». A bien des égards, c'est aussi ce à quoi invite la sociologie de Bourdieu à partir de *La Distinction* (1979) en articulant les styles de vie, les goûts et les valeurs des individus avec la position qu'ils occupent dans la structure sociale. Rapporté à l'activité scientifique, cela signifie que les pratiques scientifiques doivent être comprises comme étant basées sur un principe de domination symbolique spécifique au champ, c'est-à-dire une hiérarchie des positions et des institutions, des chercheurs et des disciplines.

²⁵ Voir par exemple Straumann (2005) sur le cas des rapports entre entomologie, industrie et politique agricole en Suisse.

²⁶ Par contre, nous laissons de côté l'analyse des pratiques qui, bien souvent, laisse complètement de côté les questions relatives aux relations de pouvoir propres au champ académique, aux contraintes structurelles et aux dynamiques du changement scientifique (Gingras 1995 : 12) dont on cherche à rendre compte dans ce travail.

Le cadre théorique mobilisé pour ce travail propose d'articuler une approche positionnelle de l'élite au pouvoir (Mills 2012 [1956]) avec une sociologie des « champs » scientifique et académique (Bourdieu 1976, 1984a et 2001). Une telle démarche soulève deux enjeux qu'il s'agit d'explicitier au préalable. Premièrement, elle suppose qu'il est possible de combiner deux courants sociologiques différents, la théorie des élites et celle des champs, pour proposer une sociologie des professeurs rejoignant le domaine de la sociologie des sciences elle-même traversée par des écoles de pensées parfois contradictoires. Des propositions de combinaison des approches par les élites et par les champs ont déjà été entreprises, notamment par Burawoy (2012) d'un point de vue théorique et par Denord et al. (2011 et 2018) et Gautier & Rossier (2019) en abordant de manière empirique la structure du *champ du pouvoir* (Bourdieu 1989). Burawoy montre comment la théorie de Mills présente une complémentarité avec celle de Bourdieu, notamment par une approche du groupe social des dominants²⁷ comme partageant des valeurs et des propriétés sociales similaires (structure de caractère chez Gerth & Mills (1953) et des critères psychologiques et moraux chez Mills (2012 [1956] : 17), *habitus*, *dispositions*, goûts et styles de vie chez Bourdieu (1979, 1984c, 1997) dépendants de la place qu'ils occupent dans la hiérarchie des positions sociales. Deuxièmement, notre approche suppose qu'il est possible de remonter à une dimension plus structurelle des cadres de la production scientifique à partir d'une étude focalisée sur les propriétés sociales de certains individus et les relations qu'ils entretiennent. De plus, elle implique qu'une perspective basée sur le pouvoir de coordination d'une élite relativement unifiée et possédant des caractéristiques communes (Mills 2012 [1956]) se combine avec une autre qui aborde les individus dominants comme davantage en concurrence pour la détention des ressources légitimes au sein d'un champ ou d'un espace donné.

Dans cette partie, nous montrerons comment l'articulation entre les deux peut permettre de questionner à la fois le degré de coopération et de coordination entre les élites et, par la distribution des ressources spécifiques dont ils disposent, les structures d'opposition qui les distinguent en différentes fractions²⁸. On trouve par exemple chez Khan (2012 : 362) une définition de l'élite comme des individus occupant une position dominante qui leur procure un avantage par l'accès aux ressources, leur possession et leur contrôle, de façon d'autant plus effective si ces ressources sont transférables d'un domaine à l'autre. Cette définition montre comment l'on peut relier les approches de Mills et de Bourdieu par les ressources dont disposent les individus. Celles-ci sont à la fois spécifiques aux différents champs mais sont aussi passibles d'être converties d'un domaine de la société à un autre. Ce que nous explorons dans cette thèse, ce sont bien à la fois les mécanismes de coordination des élites et les frontières changeantes du champ académique et des disciplines, c'est-à-dire les caractéristiques communes aux professeurs de biologie et de chimie, mais aussi celles qui les différencient et qui créent une division du travail entre les professeurs et les disciplines. Nous présentons d'abord la théorie des élites, puis celle des champs académique et scientifique. Ensuite, nous montrerons comment elles permettent d'intégrer une analyse des carrières des professeurs et des réseaux de collaboration scientifiques de manière complémentaire à la littérature traditionnelle présentée en première partie. La théorie que nous mobilisons est codépendante des données et des choix méthodologiques que nous présenterons dans le chapitre suivant.

²⁷ Une classe sociale structurée et coordonnée chez Mills (2012 [1956]), des agents en lutte se distinguant par la structure de leur capital culturel et économique chez Bourdieu (1994). Bourdieu n'a jamais utilisé le terme d'élite pour désigner les agents qui participent au champ du pouvoir et les deux auteurs ne s'accordent pas sur cette notion (Dudouet 2018 : 24).

²⁸ Mills (2012 [1956]) relève la capacité de coordination des élites entre les différentes sphères de pouvoir (économique, politique et militaire), ce qui peut renvoyer au *champ du pouvoir* chez Bourdieu (1989) formé des agents ayant le pouvoir de décider de la hiérarchie entre les différents champs. Comme nous le développerons dans la suite, on peut considérer que si le champ académique n'est pas constitué uniquement d'agents issus du monde scientifique, c'est le cas par exemple des *stakeholders* de Musselin (2008), alors que les professeurs ayant occupé des positions extra-académiques peuvent jouer ce rôle d'interface impliquant certains mécanismes de coopération.

2.1 Une approche positionnelle de l'élite comme point de départ

Cette thèse prend comme base les professeurs de biologie et de chimie, que nous avons identifiés comme faisant partie de l'élite académique, pour comprendre les transformations des sciences naturelles aux sciences de la vie au xx^e siècle²⁹. Ils sont définis par leur fonction principale, c'est-à-dire comme les individus qui occupent les positions institutionnelles les plus élevées dans la hiérarchie académique des disciplines de la biologie et de la chimie. Dans le cas suisse, il s'agit des individus possédant le titre de *professeur ordinaire* ou de *professeur extraordinaire* des universités³⁰. Nous reprenons la définition positionnelle de l'élite proposée par Mills (2012 [1956]), qui définit « l'élite au pouvoir » comme constituée d'individus occupant des postes clés dans la société et qui, par le pouvoir conféré par ces postes, peuvent prendre des décisions qui auront une influence décisive sur celle-ci. Ces élites « commandent les principales hiérarchies et institutions de la société moderne » (Mills (2012 [1956] : 2). Le pouvoir de ces individus est renforcé parce qu'ils entretiennent un fort degré de coopération et de coordination, certains pouvant même cumuler des fonctions dans différentes sphères. Cela est aussi rendu possible du fait de l'homogénéité relative de leur profil sociologique. C'est donc d'abord l'occupation de positions privilégiées et le potentiel décisionnel qu'elle concentre qui définit l'élite, plus que le fait que ces décisions soient effectivement prises ou non.

« Whether they do or do not make such decisions is less important than the fact that they occupy such pivotal positions : their failure to act, their failure to make decisions, is itself an act that is often of greater consequence than the decisions they do make. » (Mills 2012 [1956] : 3-4)

Comme il s'agit d'une définition particulière de l'élite, nous proposons de revenir d'abord sur les différentes conceptions des élites, avant de montrer comment nous l'appliquons dans le cadre de notre travail. L'approche positionnelle et de la concentration du pouvoir dans les mains d'une élite unifiée a en effet été largement discutée dans la littérature et a elle-même été développée dans un contexte particulier. D'un point de vue théorique, on peut l'opposer aux approches pluralistes et fonctionnelles des élites (Aron 1965, Dahl 2005 [1961], Keller 1963) qui identifient plusieurs élites différenciées selon les secteurs d'activité qui, en retour, lui reprochent d'aborder la potentialité du contrôle aux dépens d'une approche empirique sur les prises de décision réelles (Dahl 1958, Lukes 1974). Globalement, deux conceptions s'affrontent à propos des élites. D'un côté, une conception naturaliste qui insiste sur l'authenticité et les fondements naturels de l'élite. De l'autre, une conception critique qui insiste sur son caractère arbitraire, relatif ou, dans les termes actuels, « socialement construit » (Heinich 2004 : 315). Dans cette partie, nous commençons par discuter brièvement la notion d'élite et les théories qui s'y rapportent, puis nous montrons comment nous intégrons la notion d'élite académique pour définir les professeurs selon une approche positionnelle.

2.1.1 Des théories classiques aux théories critiques des élites

Le terme d'élite a pu prendre des connotations différentes, des plus légitimantes aux plus critiques. A l'origine, il désigne les « meilleurs » objets ou les « meilleures » personnes en les opposant à la « masse » des individus³¹ (Coenen-Huther 2004). Sans s'intéresser aux mécanismes sociaux de sélection de ces élites, les approches classiques définissent les élites en référence d'abord à leur caractère « excellent ». Dans les théories classiques dont il est courant d'accorder la paternité à

²⁹ L'histoire des sciences montre en effet que ce sont les représentants de ces deux disciplines qui ont été au centre de ces transformations. D'abord la biologie, car c'est bien d'elle qu'il s'agit lorsqu'on évoque l'affirmation de la biologie moléculaire. Ensuite la chimie, parce que c'est elle qui incarne la dimension proprement *chimique*, voire même *moléculaire*, qui sous-tend la dynamique de rationalisation de la biologie et, par extension, des sciences de la vie en général.

³⁰ Nous y reviendrons en détail dans la partie consacrée à l'échantillon des professeurs, certains autres titres peuvent être associés à cette définition de l'élite académique, notamment ceux de professeur associé et de professeur adjoint.

³¹ Coenen-Huther mentionne par exemple les propos particulièrement virulents du philosophe Ortega y Gasset envers les masses comme illustratifs d'une vision normative de l'opposition entre élites et masses. Voir aussi Maldonado-Denis (1961).

Gaetano Mosca, Vilfredo Pareto et Robert Michels (Dudouet 2018 : 10), l'élite est ainsi abordée comme une classe naturalisée issue d'une tendance systématique à l'oligarchisation et au caractère universel de la distinction entre élite et masse (Coenen-Huther 2004 : 12). Dans le contexte de l'unification de l'Etat italien et des révolutions russes, ces théories se présentent comme une critique au marxisme autant qu'à la démocratie. On retrouve chez Pareto (1916) une perspective fonctionnaliste et une analyse des élites en termes de circulation (avènement, maintien et déclin) issue de ses théories sur l'équilibre des marchés³². Chez celui-ci, l'élite possède certaines dispositions naturelles, certaines capacités psychologiques qui sont liées à l'existence d'une classe gouvernante comme une constante anthropologique. L'élite au sens large est définie par l'excellence dans une activité quelle qu'elle soit. De manière plus restreinte, elle est stratifiée en fonction de son influence politique avec l'élite gouvernementale au sommet de la hiérarchie du pouvoir.

D'autres auteurs classiques se sont davantage intéressés au fonctionnement des élites. Pour Mosca (1858-1941), c'est la capacité d'organisation qui caractérise la classe politique ou dirigeante, définie comme les individus qui assument les fonctions de direction dans les principaux secteurs de la société. Cette définition par les fonctions occupées aura une certaine influence dans la théorie sur l'élite au pouvoir de Mills (2012 [1956]). En s'intéressant d'abord aux partis politiques, Michels (1971 [1914]) établit la *Loi d'airain de l'oligarchie* qui suppose une tendance naturelle à cette dernière, malgré de potentielles tentatives de subversion. La massification de l'organisation, la formalisation nécessaire et la différenciation croissante entre dirigeants et dirigés créent une division du travail et un écart social et psychologique qui limitent la possibilité de réalisation des principes démocratiques. En étendant sa théorie de l'organisation des partis à l'organisation de la société, il en généralise le mouvement d'affirmation pour en déduire une loi sociale (Michels 1971 [1914] : 33).

Ces théories classiques seront largement critiquées à partir de la seconde moitié du xx^e siècle. Les perspectives naturalisantes des inégalités entre élites et masses sont réinterprétées notamment en termes de pluralité des élites et du caractère méritocratique de l'accès aux positions dominantes. En intégrant l'idéologie démocratique, la tendance oligarchique de l'élite telle que théorisée par la *Loi d'airain* de Michels est également remise en question. On peut établir une distinction schématique entre deux types d'approches, la première regroupant les théories des élites fonctionnelles (Aron 1965, Keller 1963), la seconde abordant une perspective critique. On trouve chez Aron (1965) une définition des élites au pluriel exerçant un pouvoir diffus dans différents sous-systèmes de la société. S'il convient de l'existence d'inégalités dans les sociétés modernes, il considère qu'elles ne sont pas uniquement dues aux choix d'une classe dirigeante à l'égard de classes dirigées. Aron ne nie pas l'existence d'un certain *fait oligarchique* qu'il décrit comme « l'inégale répartition de la puissance entre individus et groupes dans chaque sous-système ou dans le système global » (Aron 1965 : 11), mais pense la lutte de pouvoir comme interne à plusieurs sous-systèmes dont la nature du pouvoir recherché est différente. Dans ces sous-systèmes, il existe des minorités qui détiennent une position ou une fonction qui leur donne le pouvoir d'influer sur le gouvernement d'une société. Ces minorités forment alors des catégories dominantes lorsqu'elles sont placées au sommet de la hiérarchie de commandement de leurs sous-systèmes spécifiques.

Les critiques apportées au concept d'élites fonctionnelles s'articulent autour du degré trop large d'ouverture sociale accordé aux mécanismes de recrutement des élites, ainsi que de l'absence de théorisation des rapports hiérarchiques entre celles-ci. La figure emblématique de cette perspective critique est justement C. Wright Mills. Son approche de l'élite au pouvoir présente un renversement

³² L'équilibre social se maintient entre des forces (résidus) que l'on peut qualifier d'innovation et de conservation et l'élite a pour fonction de maintenir cet équilibre. D'autre part, les dérivations (idéologie, philosophie, religion), proches des superstructures de Marx, sont utilisées par les élites pour justifier leur pouvoir en « touchant les sentiments » de la masse.

par rapport à l'approche pluraliste des élites en mettant le rapport entre classes et élites au centre de son analyse (Coenen-Huther 2004). Sa définition des élites comme une seule élite coordonnée entre trois sphères de pouvoir lui conférant un caractère transversal aux différents domaines de la société se base sur les positions permettant de prendre des décisions pouvant avoir des conséquences majeures pour le reste de la société (Mills 2012 [1956]). Le pouvoir est concentré au sein de trois ordres institutionnels ou trois sphères dominantes qui sont la sphère économique, la sphère politique et la sphère militaire. L'élite au pouvoir chez Mills s'est historiquement coordonnée entre ces trois sphères pour tendre à l'unification des leaders des trois groupes pour former l'élite au pouvoir. Cette coordination est rendue possible et renforcée par la similarité des origines sociales et des trajectoires de formation des membres de l'élite. Enfin, cette relative unité des caractéristiques sociales permet des échanges réguliers entre les individus et une homogénéité des valeurs et des croyances. L'intégration d'une perspective historique et une approche empirique basée sur les profils des membres de l'élite permettent de nuancer une unité en termes de classe dirigeante pour intégrer une analyse des spécificités propres à chaque sous-ensemble de l'élite. Dans la partie qui suit, nous allons discuter de l'utilisation du concept d'élites dans le contexte des études sur les sciences et de la manière dont nous mobilisons la notion d'élite académique dans le cadre de ce travail.

2.1.2 Les professeurs comme élites académiques

Comme nous l'avons déjà souligné, les études sociales des sciences dans la période récente ont, dans leur grande majorité, mis de côté la dimension du pouvoir au profit d'approches microsociologiques, voire antidifférenciationnistes, qui rejettent les enjeux spécifiques liés aux structures sociales et aux institutions scientifiques. Dans cette conception, les rapports de force sont dilués dans les interactions entre des acteurs-actants non plus caractérisés par les enjeux propres à leurs positions sociales et la division du travail scientifique mais par des négociations ponctuelles autour d'enjeux spécifiques (Shinn 2002). Pour Latour (2001) par exemple, la généralisation de l'expérimentation collective a fait disparaître le modèle où la science se pratiquait au sein des murs des laboratoires, la division du travail entre scientifiques et non-experts, et donc la position de l'expert lui-même (Latour 2001 : 99). Ainsi, « la distinction entre les laboratoires scientifiques testant théories et phénomènes à l'intérieur et l'environnement politique extérieur où des non-experts interviennent avec leurs valeurs humaines, leurs opinions et leurs passions, cette distinction s'évanouit sous nos yeux » (Latour 2001 : 93). Dans ce contexte qui fait référence à l'effacement des frontières entre monde académique et sphère publique, l'intérêt de l'étude de l'élite scientifique semble disparaître également. Certains travaux tendent ainsi à repenser la production scientifique dans le contexte des économies du savoir (Gibbons et al. 1994, Etzkowitz & Leydesdorff 1997), c'est-à-dire que la planification de la science est tributaire d'une relative intégration entre l'industrie, le système scientifique et les financeurs publics. Dans ce contexte, l'évaluation de la science par les experts académiques se base davantage sur une interprétation de degré d'applicabilité des projets aux priorités politiques ou industrielles (Losego et al. 2000) que sur les critères traditionnels du champ scientifique (Bourdieu 1976). Autrement dit, les critères qui permettent aux chercheurs d'être crédibles et d'obtenir des financements pour la recherche se sont transformés vers un degré d'adéquation à une demande sociale qui a pris la forme d'une construction scientifique des priorités industrielles, sociales ou politiques (Latour 1993, Losego et al. 2000).

Cependant, même si l'on peut adhérer au constat de l'importance prise par certains mécanismes de commercialisation de la science dans la période récente, il n'en demeure pas moins que les sphères économique, politique et académique restent soumises à des logiques différenciées, l'un des principes de fonctionnement capital pour cette dernière étant l'existence d'un système de rétribution symbolique établi pour et par les pairs. Ce *reward system of science* (Merton 1973) conduit à un certain arbitraire de la distribution des places, ceux qui allouent la reconnaissance ayant tendance à privilégier

ceux qui sont déjà dominants. Cet effet de monopolisation de la reconnaissance est la conséquence d'une relation étroite entre la position occupée dans la structure sociale de la science et le niveau de reconnaissance scientifique. C'est aussi ce que Merton constate, par exemple lorsqu'il montre qu'un petit nombre d'institutions prestigieuses récoltent la plupart des distinctions³³ (Merton 1973 : 435). On retrouve la notion d'élite scientifique dans différents contextes. Par exemple, Zuckermann (1977) ou Graf (2015) font explicitement référence à une élite définie sur la base de la détention de prix scientifiques. Dans les discussions prenant pour objet la vulgarisation scientifique, l'élite scientifique est mentionnée pour la distinguer de la masse (Bensaude-Vincent 2010). Aussi, on retrouve des travaux cherchant à définir les caractéristiques sociales d'une élite scientifique définie comme les *most highly cited scientists*, c'est-à-dire les individus les plus cités dans des bases de données telles que *Web of Science* (Parker et al. 2010). Une autre technique utilisée consiste à sélectionner les individus ayant le plus de publications dans des revues disciplinaires spécifiques, comme le font par exemple Lazega et al. (2006) qui identifient l'élite de la recherche sur le cancer en France au travers d'une base de données américaine spécialisée dans les articles publiés dans ce champ de recherche. La « performance » des chercheurs est ainsi mesurée par un score basé sur l'*impact factor* des revues dans lesquelles ils ont publié (Lazega et al. 2006 : 2).

Finalement, on retrouve dans ces deux derniers exemples l'idée que la « valeur » de la recherche peut être quantifiée, notamment par le biais de *ranking* ou d'*index* basés sur des rapports de performance des institutions autant que du corps académique, conformément au discours contemporain faisant la promotion des chercheurs « stars » et des carrières d'excellence. Nous y reviendrons, cette tendance à l'évaluation de la recherche au travers d'indicateurs bibliométriques participe à créer une classification qui découle d'une vision gestionnaire de l'enseignement supérieur et de la recherche. Ce type de pratique participe à la généralisation de classements ayant un impact certain dans l'évaluation de la recherche, sans pour autant intégrer les particularités des disciplines (Gingras 2014). Les logiques de publication diffèrent fortement selon les disciplines, le nombre moyen d'auteurs par article et la proportion d'articles avec plus d'un seul auteur étant nettement plus élevé pour les sciences naturelles et médicales que pour les sciences sociales et les humanités (Gingras 2014 : 41). Preuve du caractère relatif de l'autonomie scientifique, l'intensification et l'application de ces pratiques d'évaluation à l'ensemble de la production scientifique ont pour conséquence, par exemple, que le nombre de publications scientifiques publiées et la fréquence à laquelle elles sont citées se retrouvent comme des conditions de plus en plus nécessaires de la « réussite » scientifique et fonctionnent comme un véritable indicateur de la crédibilité des chercheurs. Ainsi, s'il fait sens d'intégrer les prix scientifiques ou le nombre de publications comme des indicateurs parmi d'autres de la reconnaissance scientifique, ils ne peuvent être considérés comme les seuls déterminants de la hiérarchie sociale du monde académique. Pour comprendre les logiques sociales qui cadrent l'activité scientifique et déterminent la hiérarchie des disciplines, il nous semble nécessaire d'adopter une autre définition de l'élite académique.

Dans ce travail, nous n'adoptons pas une définition de l'élite académique ou scientifique incluant les individus les plus « performants », mais nous définissons les élites académiques comme les individus qui occupent les positions les plus élevées de la hiérarchie académique, c'est-à-dire les professeurs ordinaires et extraordinaires (ou associés). Cette approche positionnelle est proposée par Mills (2012 [1956]) lorsque celui-ci se concentre sur le « triangle du pouvoir » constitué des sphères politique, économique et militaire. Bien que ce triangle n'inclue pas la sphère académique, nous considérons celle-ci comme une sphère de pouvoir, à la manière des autres sphères (Mach & David 2006, Bühlmann

³³ Une très bonne synthèse des principales définitions de la reconnaissance scientifique en sociologie est donnée par Verdrager (2005).

et al. 2012). Nous avons pu montrer le rôle central que jouait la recherche scientifique dans la *nouvelle économie du savoir* et, au contraire du contexte des Etats-Unis des années 1950, on peut faire l'hypothèse que la sphère académique a développé des liens de plus en plus importants avec les autres sphères. De manière surprenante, un modèle qui propose d'intégrer l'académie comme sphère de pouvoir est celui de la *Triple Helix* d'Etzkowitz et Leydesdorff (1998), qui souligne le rôle croissant l'académie dans les mécanismes de coordination avec les sphères économique et politique en faisant explicitement référence à Mills. Nous nous distinguons cependant de leur approche dans le sens où nous abordons la sphère académique dans son ensemble comme un lieu hiérarchisé, et non pas comme un lieu de négociation horizontale avec les sphères politique et économique.

Un aspect important de l'approche positionnelle est l'existence de liens qui fonctionnent comme des marqueurs de coordination entre élites des différentes sphères, notamment les liens de multipositionnalité et les liens interpersonnels. Les liens par les multipositions ont surtout été développés dans les études sur la sphère économique, notamment sous le terme d'*interlocking directorate*, soit l'occupation de fonctions exécutives ou non exécutives dans plusieurs entreprises simultanément (Mizruchi 1982). En analysant les réseaux entre les conseils d'administration, Useem (1984) montre la possibilité de dégager un *inner circle*, un noyau très interconnecté concentrant un pouvoir particulièrement important au sein de la sphère économique, et qui sont aussi des individus possédant du pouvoir dans les autres sphères de pouvoir. Ces travaux se focalisent, encore une fois, sur la sphère économique. Il n'est cependant pas exclu que l'on puisse retrouver des logiques similaires appliquées à la sphère académique, à l'exemple de professeurs occupant une fonction exécutive au sein d'une firme privée, ou exerçant une activité libérale en parallèle de leur fonction de professeur. La multipositionnalité peut être observée par exemple lorsque des professeurs occupent une fonction de recteur d'une université ou de doyen d'une faculté, ou de membre des comités des institutions de promotion et de financement de la recherche scientifique. De plus, elle peut aussi être abordée en terme longitudinal, soit par la succession de fonctions dans différentes sphères au cours de la carrière. Les liens interpersonnels peuvent être de différente nature, allant de la simple connaissance au mandarinat. Davantage que les multipositions, ces liens sont difficiles à quantifier, mais demeurent une composante importante du fonctionnement du monde académique et peuvent favoriser la coopération à l'interface de mondes sociaux régis par des logiques qui tendent à s'opposer (Barrier 2014 : 57-58). Ici, on pense spécifiquement aux liens créés par la collaboration scientifique au sein des projets de recherche, sur lesquels nous reviendrons dans la partie suivante. Auparavant, nous présenterons la théorie des champs développée par Bourdieu et son intérêt pour aborder l'autonomie relative et les frontières des disciplines.

2.2 Théorie des champs, autonomie relative et frontières disciplinaires

La théorie des champs s'avère particulièrement intéressante pour aborder les dynamiques de différenciation et d'affirmation des disciplines scientifiques et pour comprendre l'évolution des sciences dans ce qu'elle « permet une analyse véritablement historique des dynamiques structurelles qui encadrent la science » (Gingras 2013 : 112). Le *champ* est une notion centrale dans la théorie de Bourdieu. Celui-ci définit les champs comme « des espaces structurés de positions (ou de postes) dont les propriétés dépendent de leur position dans ces espaces et qui peuvent être analysés indépendamment des caractéristiques de leurs occupants (en partie déterminées par elles) » (Bourdieu 1984b : 113). S'il existe différents champs, comme le champ économique, le champ politique ou le champ scientifique, il est possible de déduire de l'étude de leur fonctionnement des lois générales de fonctionnement qui sont communes à tous. Chaque champ se définit par des enjeux et des intérêts spécifiques qui ne peuvent être reconnus que par des agents effectivement impliqués

dans le champ en question. A l'intérieur d'un champ, les agents sont pris dans une *lutte* qui a pour enjeu le monopole de la violence légitime, ou l'autorité spécifique, qui est caractéristique du champ concerné, c'est-à-dire « la conservation ou la subversion de la structure de la distribution du capital spécifique » (Bourdieu 1984b : 114). La distribution inégale de ce capital fonde la hiérarchie du pouvoir et détermine le rapport de force entre les agents dominants et dominés, l'autorité spécifique conférée par la détention de capital étant très largement reconnue comme légitime par l'ensemble des agents. Ainsi, parler de la structure du champ, c'est attester d'un état de ce rapport de force, c'est-à-dire de la distribution du capital spécifique qui, « accumulé au cours des luttes antérieures, oriente les stratégies ultérieures » (Bourdieu 1984b : 114)

« Tout champ constitue un espace de jeu potentiellement ouvert dont les limites sont des *frontières dynamiques*, qui sont un enjeu de lutte à l'intérieur du champ lui-même. Un champ est un jeu que nul n'a inventé et qui est beaucoup plus fluide et complexe que tous les jeux qu'on peut imaginer. » (Bourdieu & Wacquant 1992 : 80).

Le concept de champ permet de mettre en relation un espace des *positions* occupées par des agents avec un espace des *prises de position*, c'est-à-dire l'espace des pratiques et des choix, la relation entre ces deux espaces étant conceptualisée par la notion d'*habitus* (ou de dispositions). Dans *La Distinction* (1979), Bourdieu formalise sa conception de l'espace social et des *capitaux* ainsi que la notion d'*habitus* comme le principe générateur de pratiques distinctes et distinctives, telles que les goûts et les manières de faire. « Comme les positions dont ils sont le produit, les *habitus* sont différenciés ; mais ils sont aussi différenciants. Distincts, distingués, ils sont aussi opérateurs de distinctions : ils mettent en œuvre des principes de différenciation différents ou utilisent différemment les principes de différenciation communs » (Bourdieu 1994 : 23). Le principe de la distinction a suscité de nombreuses critiques, notamment dans ce que la recherche de la distinction serait une forme de moteur de toute conduite humaine. Pourtant, l'idée centrale derrière ce principe s'articule justement autour du fait que c'est la position qui détermine la distinction, et non la volonté individuelle :

« Une différence [...] ne devient visible, perceptible, non indifférente, socialement pertinente, que si elle est perçue par quelqu'un qui est capable de faire la différence – parce que, étant inscrit dans l'espace en question, il n'est pas indifférent et qu'il est doté de catégories de perception, de schèmes classificatoires, d'un goût, qui lui permettent de faire des différences, de discerner, de distinguer [...] » (Bourdieu 1994 : 23)

Les champs sont donc structurés par le volume et la distribution de capitaux détenus par les agents et inégalement distribués. Il en résulte une stratification *relationnelle* des positions et des prises de position, c'est-à-dire que l'état de ces positions dépend moins du volume de capital détenu par un agent que du poids relatif et de la structuration des différentes espèces de capitaux de chaque agent du champ mis en relation avec les autres. L'état des positions dominantes et dominées est ainsi comme un état des lieux des forces sociales en présence à un moment donné dans un champ donné. L'un des principes fondamentaux de l'étude des champs réside dans l'établissement de la « structure objective des relations entre les positions occupées par les agents ou les institutions qui sont en concurrence dans ce champ » (Bourdieu & Wacquant 1992 : 80).

2.2.1 Le capital scientifique et institutionnel dans les champs scientifique et académique

Parmi les différents champs, les deux qui nous intéressent particulièrement sont le champ académique et le champ scientifique. Comme tous les autres champs, ce sont des espaces aux frontières poreuses et dont les règles du jeu varient selon les contextes historique, économique, politique, nationaux et institutionnels. Aborder le monde académique comme un champ, c'est considérer la « communauté académique » non plus seulement comme une sphère dont les individus occupant les plus hautes fonctions sont relativement homogènes et coordonnés, mais aussi comme un espace de lutte avec pour enjeu spécifique le monopole de l'autorité spécifique. Bien que l'on puisse être tenté de comprendre le champ scientifique et le champ académique dans une acception similaire au vu des

nombreuses caractéristiques qu'ils ont en commun, ils n'en restent pas moins deux champs distincts même s'ils se recoupent partiellement (Gingras & Gemme 2006). Afin de faire la différence entre les deux, nous commencerons par définir le champ scientifique, puis le champ académique.

Le *champ scientifique* est le champ de la production de la connaissance scientifique. Il se structure selon les mêmes logiques que les autres champs de production symboliques comme le champ intellectuel, le champ artistique ou le champ religieux, avec une particularité cependant : le pouvoir symbolique exercé selon le volume du capital symbolique détenu ne peut l'être que sur des agents qui détiennent les catégories de perception nécessaires pour le connaître et le reconnaître, engageant de fait la complicité de celui qui le subit (Bourdieu 1976 : 88-89). Le champ scientifique est défini comme un « système de relations objectives entre les positions acquises (dans les luttes antérieures) et le lieu (c'est-à-dire l'espace de jeu) d'une lutte de concurrence qui a pour enjeu spécifique le monopole de l'autorité scientifique inséparablement définie comme capacité technique et comme pouvoir social, ou si l'on préfère, le monopole de la compétence scientifique, entendue au sens de capacité de parler et d'agir légitimement (c'est-à-dire de manière autorisée et avec autorité) en matière de science, qui est socialement reconnue à un agent déterminé. » (Bourdieu 1976 : 89). En d'autres termes, le volume et la distribution des ressources en capital des agents du champ déterminent la validité – ou la vérité scientifique – d'une découverte dans une mesure bien plus prononcée que la nature des résultats des recherches, même si, la productivité scientifique étant très inégalement distribuée, « il s'en suit que la reconnaissance est concentrée aux mains d'une minorité qui constitue l'élite scientifique » (Gingras 2013 : 79).

Pour illustrer le fait que l'état des positions au sein du champ scientifique joue un rôle déterminant dans l'acceptation ou non de résultats nouveaux, on peut reprendre l'exemple donné par Gingras (2012 : 285) sur une controverse quant à la détermination de l'âge de la Terre au milieu du XIX^e siècle qui opposait les naturalistes et les géologues aux physiciens. Les premiers évaluaient cet âge à plusieurs centaines de millions d'années, alors que le physicien Lord Kelvin prétendait pouvoir démontrer qu'elle ne pouvait être âgée de plus de 50 millions d'années. La position dominante de la physique – et de la thermodynamique – a permis aux tenants d'une théorie d'une Terre « jeune » de discréditer les recherches des biologistes et des géologues jusqu'à la fin du XIX^e siècle et la découverte de la radioactivité. « Ce bref exemple montre bien que, même « fausse », la théorie de Kelvin a pu longtemps avoir du crédit même chez les naturalistes en raison du prestige de la physique et surtout de son traitement mathématique de la question » (Gingras 2012 : 285). Le prestige, donc le capital symbolique de reconnaissance et de crédibilité, est l'un des trois capitaux qui structurent le champ scientifique, avec le capital social constitué des relations mobilisables et du capital culturel formé des savoirs accumulés³⁴. Le capital propre au champ, soit le capital scientifique, est ainsi autant un capital de connaissance qu'un capital de reconnaissance propre aux pairs (Bourdieu 1976 : 88).

Les disciplines se sont formées progressivement et affirmées pour devenir les structures institutionnelles relativement stables que nous connaissons aujourd'hui. Les cadres au sein desquels évoluent les sciences modernes sont historiquement issus de luttes dont les enjeux spécifiques peuvent différer selon les disciplines³⁵. Dans un article consacré au processus de « privatisation » de

³⁴ Nous donnons ici une définition des champs scientifique et académique basée sur les deux capitaux relatifs au prestige scientifique ainsi qu'au pouvoir *temporel* lié aux positions exécutives dans les institutions académiques : le capital scientifique et le capital institutionnel. Pour les différentes raisons évoquées dans la partie consacrée à l'histoire de la thèse et à la démarche de recherche, nous avons fait le choix d'aborder la question du capital social de manière approfondie directement dans le chapitre 5 qui est entièrement consacré aux réseaux de collaboration (inter)disciplinaires des professeurs sur la base des co-requêtes de projets de recherche financés par le FNS.

³⁵ « Bien sûr, le processus historique de formation des frontières disciplinaires varie selon les domaines et la nature des outils utilisés pour appréhender les objets étudiés. Alors que les mathématiques ont joué un rôle important en mécanique

la science moderne par opposition à une science « publique », Gingras (2003) prend l'exemple de la mathématisation progressive de la physique entre les XVIII^e et XIX^e siècles pour montrer le processus de formation d'un champ scientifique autonome. En effet, si au XVIII^e siècle « la frontière entre « experts » et « amateurs » n'était pas aussi tranchée qu'elle l'est devenue », la mathématisation progressive de la physique a participé à renforcer le coût d'entrée au sein de la cité savante « laissant ainsi à l'extérieur des gens qui acceptent mal de se faire exclure d'un espace de discussion auquel ils estiment avoir le droit d'appartenir » (Gingras 2003 : 123). Ainsi, avec le renforcement de la logique de fermeture du champ – lié au processus de transformation « des façons de faire » – on assiste à « la formation d'un champ scientifique relativement autonome au sein duquel les lecteurs potentiels sont aussi des compétiteurs potentiels et non plus de simples lecteurs désarmés » (Gingras 2003 : 143). C'est donc la généralisation des institutions de recherche, des cursus de formation, manuels et revues savantes qui assure « l'homogénéité (relative) de la cité savante en inculquant, par l'action pédagogique, des *habitus* scientifiques, c'est-à-dire des schèmes générateurs de pratiques, de perception et d'évaluation des pratiques propres à un champ à un moment donné de son histoire » (Gingras 2003 : 150).

Si le champ scientifique peut être défini comme l'espace de la production du savoir composé des chercheurs et des disciplines, le *champ académique* est celui des institutions universitaires. Ce champ est formé des institutions d'enseignement supérieur, c'est-à-dire l'ensemble des facultés et des grandes écoles pour le cas français. Il n'est pas régi par la seule lutte pour le monopole de l'autorité scientifique, mais peut être relativement poreux aux logiques d'autres champs, notamment économique et politique. On peut penser au rôle joué par les autorités politiques ou certains acteurs privés dans l'octroi de fonds pour la recherche et dans l'orientation des politiques de la recherche. En ce sens, le champ académique n'est pas indépendant du champ du pouvoir, mais en reproduit partiellement la logique proprement scolaire (Bourdieu 1984a : 57). Deux types de capitaux agissent comme ressources spécifiques au sein du champ académique. Le premier fait référence au capital proprement scientifique, comme produit d'actes de connaissance et de reconnaissance. Le second, que Bourdieu nomme *capital de pouvoir temporel*, renvoie à un capital de type institutionnel accumulé par l'occupation de positions de pouvoir au sein des institutions académiques (Bourdieu 2001 : 113). Dans *Homo Academicus* (1984a : 70), Bourdieu distingue deux principes de hiérarchisation opposés basés sur la distinction entre ces deux types de capitaux : une hiérarchie *sociale* déterminée par le volume de capital hérité combiné aux capitaux économique et politique acquis, qui s'oppose à une hiérarchie *culturelle* basée sur le capital d'autorité scientifique. Ces deux principes concurrents structurent le champ académique en deux pôles. Le *pôle mondain*, proche des pouvoirs institutionnels et externes au champ (économiques, politiques, etc.), est principalement composé des facultés de médecine et de droit. A l'opposé, le *pôle scientifique* renvoie aux facultés des sciences qui concentrent le plus de pouvoir scientifique. En théorie, les disciplines fortement structurées par un capital de type scientifique telles que la biologie et la chimie seront moins perméables aux logiques structurelles de l'espace social que les disciplines du pôle mondain.

Cependant, la littérature traitant des transformations de la production scientifique a largement pu montrer comment le champ scientifique pouvait aussi être poreux aux logiques économiques et politiques. De manière générale, on peut attester qu'à l'intérieur même du champ scientifique, le capital symbolique est relié au capital économique, en premier lieu du point de vue des financements requis pour faire de la recherche. C'est même une logique de fonctionnement du cycle de production du savoir qui « comprend en effet de la reconnaissance, laquelle donne accès aux crédits de recherche, lesquels permettent de se procurer les équipements et la main-d'œuvre pour faire la recherche qui

rationnelle (et plus tard en électricité et magnétisme) le coût des instruments et des réactifs semble avoir joué un rôle sélectif plus important en chimie » (Gingras 2003 : 131).

donne alors lieu aux publications qui contiennent les arguments théoriques et empiriques supportant les conclusions » (Gingras 2012 : 286). Toute la question réside dans le degré d'ouverture des frontières du champ scientifique et des disciplines, dont le degré d'autonomie peut être très variable. Le champ scientifique est toujours le produit d'une construction historique et ses frontières peuvent tendanciellement se modifier et les disciplines elles-mêmes sont le fruit d'un processus d'autonomisation du champ ; elles créent et sont créées par les hiérarchies des positions dans le champ scientifique (Gingras 2013 : 75). Les principales positions de pouvoir étant occupées par les professeurs, c'est-à-dire les élites académiques, il devient particulièrement indiqué de combiner la théorie des élites comme détentrices des ressources nécessaires à l'exercice du pouvoir sur la science, c'est-à-dire le pouvoir d'organiser et de coordonner les cadres de la production scientifique. La théorie des champs permet d'affiner les relations de pouvoir entre ces élites comme des agents eux-mêmes agis par les logiques de structures des champs académique et scientifique. Ainsi, analyser l'affirmation de la biologie moléculaire au travers de la théorie des champs et de la théorie des élites permet d'aborder conjointement les évolutions des structures internes et externes au champ académique, au travers du concept d'autonomie relative (Gingras 2012 : 294). En tant que discipline émergeant de la rencontre entre la physique, la chimie, la biologie et la génétique pour devenir très prestigieuse à la fin du xx^e siècle, elle est un excellent exemple des dynamiques changeantes des hiérarchies disciplinaires (Gingras 2012 : 284) et du degré relatif de leurs frontières.

2.2.2 Autonomie relative et hétéronomie : la question des ressources extra-académiques

Dans *Science de la science et réflexivité* (2001), Bourdieu considère le degré d'autonomie comme l'une des caractéristiques qui différencient le plus les champs, via la force et la forme du droit d'entrée imposé aux nouveaux entrants. « Le processus d'autonomisation est ainsi lié à l'élévation du droit d'entrée explicite ou implicite, défini par la structure du capital scientifique incorporé devenu sens du jeu (compétences) et la reconnaissance du sens du jeu (croyance, *illusio*) » (Bourdieu 2001 : 100-101). Ce « sens du jeu » scientifique s'acquiert ainsi par une socialisation au sein du champ scientifique qui définit un *habitus* particulier qui peut varier selon les disciplines (Gingras 2012 : 287). Une discipline étant définie non seulement par des propriétés intrinsèques, mais également par des propriétés qu'elle doit à sa position dans l'espace des sciences. L'un des principes de différenciation les plus importants est l'importance du capital de ressources collectives qu'elle a accumulé et, corrélativement, l'autonomie dont elle dispose à l'égard des contraintes externes (Bourdieu 2001 : 131). On ne peut comprendre les mouvements de construction, l'ascension ou le déclin des disciplines « qu'à condition de prendre en compte à la fois son histoire intellectuelle et son histoire sociale, allant depuis les caractéristiques sociales du leader et de son entourage initial jusqu'à des propriétés collectives du groupe comme son attraction sociale et sa capacité d'avoir des élèves » (Bourdieu 2001 : 136).

On retrouve ainsi l'idée que c'est la structure et le volume des ressources des individus qui définissent les disciplines. Ainsi, l'étude des professeurs de biologie et de chimie, au travers des positions qu'ils occupent, mais aussi de leurs profils, peut permettre de comprendre les frontières changeantes des disciplines quand elle est menée de manière *relationnelle*. Au-delà des ressources spécifiques aux champs scientifique et académique, d'autres types de ressources peuvent y être importées par des mécanismes de conversion. C'est le cas du capital économique, qui peut être converti en capital symbolique à l'intérieur du champ scientifique sous la forme d'apport des moyens financiers pour la recherche (Gingras 2012 : 286). La possession de ressources scientifiques ne se suffit pas non plus à elle-même pour garantir l'accès aux postes stratégiques au sein de l'académie. Les professeurs accèdent à leur fonction par des logiques qui ne sont pas exclusivement basées sur la *performance* scientifique et, de fait, la définition de l'élite académique ne peut pas se fonder sur les seuls indicateurs qui, dans la littérature, sont utilisés pour définir l'élite scientifique, c'est-à-dire l'obtention de prix prestigieux ou un nombre élevé de publications dans des revues à *impact factor* élevé. Par exemple,

l'étendue du réseau de relations, autrement dit le volume de capital social accumulé au long d'une carrière, joue un rôle important en tant qu'effet « multiplicateur » des ressources possédées (Bourdieu 1980b) et peut, selon le nombre et le type de relations entretenues, être un indicateur de l'homogénéité sociale d'un groupe (Lenoir 2016 : 283), ici d'un groupe de professeurs et de leur affiliation disciplinaire. Les ressources extra-académiques, notamment l'expérience pratique issue d'activités effectuées au sein de la sphère privée en parallèle à l'exercice d'une fonction académique ou même exclusivement durant une partie de la carrière, peuvent aussi être valorisées comme capital symbolique dans certains cas.

Il convient de revenir ici sur la définition à donner à la notion d'*hétéronomie*. En effet, si les ressources exogènes au champ académique y sont transférables et convertibles pour l'obtention de postes stabilisés par les élites académiques, c'est-à-dire les agents qui ont le pouvoir de définir les normes des carrières et les cadres de l'activité scientifique (Bourdieu 2001), alors il s'agit de ressources légitimes qui viennent non pas concurrencer le capital scientifique, mais bien diversifier le capital spécifique. Il ne s'agit donc pas ici de carrières extra-académiques se présentant comme une voie de sortie du champ par des agents formés à la recherche et qui n'auraient, puisqu'ils en sont sortis, pas « réussi » au sein de la sphère académique (Gingras & Gemme 2006). Ainsi, le jeu sur le degré d'autonomie disciplinaire n'est pas à comprendre comme une opposition simple avec, d'un côté, le champ scientifique et, de l'autre, des logiques exogènes. Il existe cependant un jeu entre autonomie et hétéronomie qui traverse le champ scientifique, créant des tensions permanentes entre les agents eux-mêmes.

Les champs possèdent des frontières qui sont dynamiques (Bourdieu & Wacquant 1992 : 80), et c'est précisément à cette dynamique que nous allons nous intéresser dans cette thèse. Les frontières des disciplines sont elles aussi plus ou moins fermées, d'une part aux logiques exogènes au champ scientifique, mais aussi aux logiques des autres disciplines. Lamont et Molnar (2002 : 172) mettent en avant le rôle des marqueurs symboliques (ou des barrières symboliques – *symbolic boundaries*) dans la création et la reproduction des frontières d'un groupe social. Traitant spécifiquement du cas des disciplines, ils suivent Gieryn (1983) pour mettre l'accent sur le fait que les « scientifiques » vont se distinguer des « amateurs » par l'élévation de frontières définissant l'*inner* et l'*outer science*, ce qui rejoint tout à fait le processus de renforcement de l'autonomie par l'élévation du droit d'entrée chez Bourdieu (2001). Il en résulte un travail sur les frontières – *boundary work* – effectué par les agents dominants du champ qui peut prendre plusieurs formes dont l'expulsion des autorités rivales pour garantir le monopole de la légitimité scientifique, l'expansion du contrôle sur un domaine scientifique voisin ou la protection de l'autonomie professionnelle des chercheurs contre les intérêts des pouvoirs externes, comme les autorités politiques ou les managers du monde privé, à utiliser l'autorité scientifique à leurs propres fins (Lamont & Molnar 2002 : 179).

Le cas de la biologie moléculaire est à nouveau exemplaire d'un tel travail sur les frontières. Ce travail ne concerne pas seulement la définition des limites du champ scientifique, mais aussi de celles de la discipline. Strasser (2006) pour le cas suisse et Gaudillière (1990) pour le cas français montrent bien comment cette dernière a été le lieu de luttes pour la distinguer des autres disciplines dont elle est issue. La création d'une nouvelle discipline peut suivre des modalités différentes. Par exemple, le passage des premières théories de l'hérédité vers la génétique peut être qualifié de substitution, dans une acception proche du travail d'expansion (Lamont & Molnar 2002), comme le remplacement d'anciennes problématiques par un nouveau paradigme impliquant une extension reposant sur la conversion des chercheurs en place et leur remplacement par une nouvelle génération de chercheurs (Gaudillière 1990). La naissance de la biochimie suit un autre chemin en s'autonomisant progressivement de la physiologie dont elle est d'abord une spécialisation. C'est à partir de la

constitution d'abord d'un réseau de chercheurs que ceux-ci vont chercher à institutionnaliser cette « proto-discipline » pour gagner une certaine autonomie sociale (Gaudillière 1990). Le cas de la biologie moléculaire est encore différent, puisque sa création résulte d'un processus de convergence entre des chercheurs issus de plusieurs disciplines (la chimie physique, la biochimie et la génétique) débouchant sur une institutionnalisation progressive qui s'accompagne d'un processus d'annexion et de substitution des disciplines mères (Gaudillière 1990). Strasser (2006) montre comment les différentes lignes de force en présence ont conduit à la constitution de la biophysique, puis de la biologie moléculaire. En reprenant la notion de *travail sur les frontières*, il décrit cette dernière comme un enjeu particulièrement disputé par les représentants des différentes disciplines. En effet, puisque les disciplines sont des territoires particulièrement autonomes et coordonnés au sein des institutions académiques, il n'existe « pour ainsi dire aucun espace hors des disciplines établies » (Strasser 2006 : 21), impliquant que tout doit être pensé à partir de ce qui existe déjà. Il relève alors l'importance du travail de certains acteurs, notamment celui d'Edouard Kellenberger, pour définir la biophysique comme une discipline hybride au sein de laquelle « règne un ordre politique participatif et coopératif, et non un ordre politique autoritaire et hiérarchique comme dans les disciplines traditionnelles » (Strasser 2006 : 227). Dans le cas des sciences de la vie, l'on peut considérer que cette lutte est encore en cours, notamment pour la définition du « biomédical » qui est un bon exemple d'un travail inachevé (Benninghoff et al. 2014).

L'autonomie est ainsi « une lutte plus complexe dans laquelle certains agents du champ scientifique peuvent, à un moment donné, essayer de faire jouer la logique d'autres champs de façon à compenser leur position dominée, comme, par exemple, dans le cas des mathématiques appliquées, ou même à renforcer leur position dominante dans le champ scientifique lui-même en s'assurant l'accès à des ressources rares et de plus en plus coûteuses » (Gingras 2012 : 292). Les mécanismes qui ont conduit à la création puis l'institutionnalisation de la biologie moléculaire ont déjà été largement investis par la littérature, comme nous le montrerons dans un premier chapitre consacré à l'institutionnalisation des disciplines. Ce qui en revanche n'a pas véritablement été traité empiriquement, et c'est là peut-être l'objectif central de ce travail, c'est de pousser la définition des disciplines au niveau collectif pour comprendre comment celles-ci se sont transformées au long du xx^e siècle du point de vue des élites académiques qui les composent. Nous pourrions non seulement comprendre comment la biologie moléculaire est située dans l'espace qu'elle partage avec les autres disciplines, mais aussi comment elle a pu annexer d'autres disciplines, pour reprendre le terme proposé par Gaudillière (1990), en comparant la définition institutionnelle des disciplines et les principaux domaines de recherche et échelles d'analyses des professeurs.

En résumé, une telle étude se justifie théoriquement par deux principes. Ceux-ci sont dérivés de notre cadre conceptuel et seront développés plus largement dans les chapitres correspondants. Premièrement, l'adoption du cadre de la théorie des champs proposée par Bourdieu permet de concevoir la mesure du degré d'autonomie des disciplines via les ressources collectives détenues par des professeurs et leur distribution au sein d'un espace relationnel composé par ceux-ci. La comparaison de l'état des forces en présence à différents moment-clés du xx^e siècle permettra de constater les évolutions dans la hiérarchie des disciplines et l'état de porosité de leurs frontières du point de vue de la structure des capitaux détenus par les professeurs. Ceux-ci pouvant être accumulés au sein d'un champ particulier mais aussi convertis au-delà de leurs frontières (Savage et al. 2005), nous mobiliserons l'analyse des carrières des professeurs pour apporter une dimension supplémentaire à la définition des disciplines. Puisque le matériau de cette thèse est une base de données sur des professeurs, ce que nous y analysons en termes de carrières, ce sont les différents chemins qui ont mené à l'occupation d'une position dominante dans le champ académique. Ainsi, si nous ne pouvons pas déduire de nos analyses les types de ressources qui ne sont pas valorisables et

les types de carrières qui ferment l'accès aux fonctions stabilisées, nous pouvons par contre mettre en lumière les ressources extra-académiques qui ont effectivement pu être converties en positions dominantes par les dominants. La définition que nous donnons au capital extra-académique est donc sujette à certains réajustements en fonction des contextes historiques, disciplinaires et institutionnels. Les ressources extra-académiques effectivement convertibles ne sont pas les mêmes pour les professeurs de chimie du milieu du xx^e siècle que pour les professeurs de sciences de la vie d'une université entrepreneuriale en 2010. Comme nous le montrerons dans le chapitre consacré à l'histoire des disciplines, les modalités des liens entre sphères académique et économique ont évolué³⁶.

Le degré d'autonomie relative est donc directement dépendant du degré de diversification du capital spécifique : un espace où le critère de distinction entre agents est (presque) uniquement basé sur le volume de capital scientifique sera un espace particulièrement *autonome*, alors qu'un espace où les logiques de distinction se basent sur un capital spécifique plus diversifié (capital scientifique, institutionnel, international, extra-académique) sera par conséquent plus *hétéronome*. Ainsi, la notion d'autonomie relative permet de montrer comment la *commercialisation* de la recherche (Malissard et al. 2003, Shinn & Ragouet 2005) et le *new public management* impliquent certes une porosité plus grande des universités aux logiques économiques (Musselin 2008), mais pas forcément une plus grande *hétéronomie* dans le cas où ce sont les élites académiques qui détiennent ces ressources. C'est ainsi, par exemple, qu'il apparaît que la course aux publications et la mise en concurrence de la recherche et des chercheurs dans un *marché* de plus en plus poreux aux logiques économiques ne sont pas des indicateurs d'*hétéronomisation* du champ, mais plutôt des transformations ou de la diversification des logiques *autonomes*, sinon d'*académisation* dans le cas de disciplines « appliquées » (Castonguay 2004) ou de certaines institutions, à l'image de certaines écoles techniques (Paradeise & Crow 2009).

Deuxièmement, la question des frontières des disciplines et de l'émergence de nouveaux domaines de recherche doit prendre en considération la question des formes de l'interdisciplinarité, que nous aborderons au travers de la place des disciplines dans les collaborations scientifiques menées dans le cadre de projets de recherche. Si, pour les tenants du modèle antidifférenciationniste, l'intensification des collaborations interdisciplinaires serait vouée à promettre l'ouverture des frontières disciplinaires, voire la *fin* des disciplines, nous partons du principe théorique qu'au contraire, elles en présupposent l'existence (Abbott 2001a, Fabiani 2016). Ainsi, si les structures culturelles de la connaissance se sont profondément transformées durant le xx^e siècle, les structures sociales des disciplines, elles, se caractérisent par une stabilité remarquable. En effet, si les disciplines peuvent, à l'image de la biologie, se diviser historiquement en multiples sous-disciplines, la logique d'organisation des universités en départements n'a que très peu évolué (Abbott 2016 : 195). Comme le montre Fabiani (2016 : 329), « une discipline est toujours une convention provisoire. Pourtant, le modèle d'organisation disciplinaire, établi il y a plus de deux siècles, semble parfaitement durable ». Ainsi, il apparaît possible de considérer les disciplines comme des lieux d'exercice et de reproduction du pouvoir scientifique sans devoir éluder la question de l'interdisciplinarité. Cette dernière peut alors être considérée comme une stratégie distinctive pour les agents du champ académique, dans notre cas les professeurs de biologie et de chimie, dont les formes peuvent être comparées puisque la structure du champ académique reste remarquablement stable dans le temps.

³⁶ Comme nous le décrivons dans les chapitres 4 et 6, les ressources extra-académiques intégreront donc à la fois des indicateurs liés à la carrière professionnelle, qui représente une logique plus traditionnelle de liens avec l'industrie, des indicateurs de valorisation de l'expertise dans le milieu politique (commissions extra-parlementaires) et des indicateurs de commercialisation de la recherche à partir d'une position académique, qui semblent plutôt caractériser la période récente.

Chapitre 2. Stratégie de recherche, données et méthodes

Dans ce deuxième chapitre, nous présentons la stratégie de recherche, les données et les méthodes de la thèse. Pour « faire parler » les biographies des professeurs de biologie et de chimie, nous nous appuyons sur une stratégie dans laquelle la théorie et les méthodes sont fortement imbriquées. Tout d'abord, nous présenterons le cadre de la recherche, c'est-à-dire le projet « Elites académiques » au sein duquel ce travail a été élaboré et la base de données « Elites suisses » qui en est la source principale. Ensuite, nous décrirons plus en détail l'échantillon des professeurs et les principaux indicateurs utilisés. Enfin, nous reviendrons sur les sources et la récolte de données, une partie importante de ce travail. Dans une seconde partie, nous présenterons les quatre classes de méthodes mobilisées et leur articulation : les analyses des correspondances multiples, les analyses de séquences, les analyses de réseaux et les modèles linéaires généralisés.

Un deuxième enjeu majeur de ce travail, après l'élaboration d'un cadre conceptuel cohérent et capable d'intégrer et de compléter une littérature existante peu sociologique, concerne la récolte des données pour la construction d'une base prosopographique contenant des indicateurs susceptibles d'être analysés au travers de méthodes plutôt quantitatives tout en respectant des sources à la fois florissantes et hétérogènes. C'est ce que nous tenterons d'exposer maintenant.

1. Stratégie de recherche : une approche par les professeurs

Cette thèse s'inscrit dans le cadre plus large d'une recherche collective portant sur les élites suisses au ^{xx}^e siècle menée par les membres de l'Observatoire des élites suisses (OBELIS) à l'Université de Lausanne³⁷. Plus spécifiquement, elle se situe dans le cadre d'un projet de recherche financé par le Fonds national suisse de la recherche scientifique (FNS) intitulé « Academic Elites in Switzerland 1910-2000 : between Autonomy and Power » (Bühlmann, David & Mach 2012). Une partie de la stratégie de recherche de ce travail ainsi que les données récoltées font partie intégrante de ce projet. Ce chapitre est consacré à la stratégie de recherche générale de la thèse, aux données, aux sources et aux méthodes. Nous présenterons d'abord le cadre de la recherche et le projet portant sur les élites académiques, puis nous reviendrons sur l'échantillon des professeurs de biologie et de chimie, l'opérationnalisation des principales dimensions évoquées dans la partie précédente, puis les sources utilisées et la récolte des données. Une deuxième partie est consacrée aux méthodes mobilisées dans le cadre de la thèse.

1.1 Cadre de la recherche : le projet « Elites académiques » et la base de données « Elites suisses »

Cette thèse a été réalisée dans le cadre du projet FNS « Academic Elites in Switzerland 1910-2000 : between Autonomy and Power » dirigé par Felix Bühlmann (requérant principal), André Mach et Thomas David (requérants secondaires) à l'Université de Lausanne entre 2013 et 2017. Steven Piguet, Marion Beetschen, Thierry Rossier et l'auteur du présent travail composent le reste de l'équipe de recherche ayant pris part au projet en tant que collaborateur technique, collaboratrice scientifique et

³⁷ Lien vers la page de l'observatoire : <https://www.unil.ch/obelis/fr/home.html>

doctorants. Cette recherche sur les élites académiques s'inscrit dans la continuité de deux autres projets financés par le FNS. Le premier, qui a porté sur la gouvernance d'entreprise en Suisse, a été mené de 2003 à 2006 (David & Mach 2003) et le second, de 2007 à 2011, a porté sur les élites économiques, politiques et administratives en Suisse de 1910 à 2000 (Mach & David 2006).

Ces trois projets ont en commun la construction et l'exploitation d'une base de données sur les élites suisses contenant, au fil des recherches liées aux différents projets, des données prosopographiques de plus en plus importantes³⁸. La plupart des indicateurs sociobiographiques sont transversaux à l'ensemble des élites académiques et des informations ont été récoltées pour chacune d'elles. C'est le cas par exemple de la fonction principale occupée et l'entité d'exercice de cette fonction, de la discipline principale d'enseignement, du type, du lieu et de la date des diplômes ou des prix scientifiques obtenus. Les données récoltées pour les besoins de la présente thèse sont venues alimenter celles de la base « Elites suisses » et des indicateurs supplémentaires ont été créés. Ainsi, nous avons pu exploiter un matériel spécifiquement destiné aux professeurs de biologie et de chimie mais aussi, dans certains cas, pu profiter des données déjà recueillies pour les élites académiques de manière transversale. C'est le cas pour les recteurs des universités et les doyens des facultés des sciences et de médecine, ou les membres des organisations de promotion de la recherche en Suisse comme le FNS ou l'Académie suisse des sciences naturelles (ASSN). Nous reviendrons sur ces données dans la suite de ce chapitre.

La définition de l'élite qui sert de critère de sélection des individus pour la base de données est celle de la position ou de la fonction occupée au sommet de la hiérarchie institutionnelle des différentes sphères : académique, politique, économique et administrative (Mills 2012 [1956]). La base compte 6733 élites académiques ayant occupé une telle fonction à au moins une des cinq dates suivantes : 1910, 1937, 1957, 1980 et 2000. Ces dates, séparées par un intervalle d'environ 20 ans, ont été retenues car elles marquent des périodes importantes de l'histoire économique et politique en Suisse. Elles permettent d'aborder les évolutions des profils des élites dans le temps en comparant ces différentes cohortes. La présente thèse conserve cette logique de mandats occupés « à la date » pour délimiter l'échantillon des professeurs de biologie et de chimie, le rendant ainsi comparable aux autres élites.

1.2 Echantillon des professeurs de biologie et de chimie

Dans la base « Elites suisses », l'identification de l'élite académique se fait selon le critère de l'occupation de la fonction de professeur ordinaire ou extraordinaire au sein de l'une des huit universités suisses ou de l'une des deux écoles polytechniques fédérales³⁹, à au moins une des dates de 1910, 1937, 1957, 1980 ou 2000. Elles sont les plus élevées de la hiérarchie institutionnelle des fonctions académiques en Suisse. Traditionnellement, la distinction entre les deux fonctions est liée à l'exercice d'une profession libérale en parallèle des charges d'enseignement. Le titre de professeur extraordinaire concerne précisément le cas où le professeur occupait une fonction de praticien en dehors de l'université tout en étant titulaire d'une chaire d'enseignement. On retrouve cette configuration en majorité dans les facultés de médecine, de droit et les écoles techniques, où la pratique au sein d'un cabinet de médecine, d'avocat ou d'architecte était assez fréquemment

³⁸ La base de données « Elites suisses » est consultable en ligne à cette adresse : www2.unil.ch/elitessuisses/. La prosopographie peut être assimilée à une biographie collective et elle consiste en une méthode de récolte systématique de données en fonction d'indicateurs sélectionnés pour l'ensemble d'un groupe étudié (Lemercier & Picard 2012).

³⁹ Il s'agit des Universités de Bâle, Berne, Fribourg, Genève, Neuchâtel, Lausanne, Saint-Gall, Zurich ainsi que des Ecoles polytechniques fédérales de Lausanne et de Zurich. Les Universités de Lucerne et de la Suisse italienne ne proposent aucune chaire de biologie ou de chimie.

effectuée en parallèle de l'enseignement. Dans la période récente, le titre de professeur extraordinaire a progressivement été remplacé par celui de professeur associé, qui correspond à la position précédant celle de professeur ordinaire⁴⁰.

Les professeurs ont été identifiés au travers des *Almanachs des universités suisses*, devenus par après les *Annuaire des universités et hautes écoles suisses*, pour les années correspondantes. Ces documents recensent tous les professeurs par université et par faculté en indiquant le nom, le prénom, la date de naissance, la fonction occupée et la chaire d'enseignement. C'est sur la base de ces dernières que la discipline principale des professeurs a été identifiée. Le tableau 2.1 résume l'échantillon des professeurs de biologie et de chimie (N=882) sur lequel se base notre travail. La catégorie *Biologie* regroupe tous les professeurs détenteurs d'une chaire en biologie dans une faculté des sciences et la catégorie *Chimie* tous les professeurs détenteurs d'une chaire en chimie de l'une des huit universités ou dans l'une des deux écoles polytechniques fédérales. La catégorie *Biologie+Chimie* comprend tous les professeurs détenteurs d'une chaire de biochimie en faculté des sciences⁴¹. Enfin la catégorie *Sciences naturelles médicales* regroupe les professeurs détenteurs d'une chaire de biologie, de chimie ou de biochimie au sein des facultés de médecine, ainsi que des disciplines de la recherche expérimentale en médecine très proches de la biologie et de la chimie, comme la chimie clinique, la chimie physiologique, la microbiologie médicale ou l'immunologie.

Tableau 2.1 Echantillon des professeurs de biologie et de chimie (1910-2000)

	1910	1937	1957	1980	2000	Total
Biologie	25	33	35	105	117	315
Biologie+Chimie	0	0	1	23	23	47
Chimie	33	39	48	114	116	350
Sc.Nat.Med	8	10	13	53	86	170
Total	66	82	97	295	342	882

Source : Base « Elites suisses », *Almanachs des universités suisses* aux dates correspondantes. Les effectifs correspondent au nombre de mandats occupés « à la date ». Ainsi, des professeurs peuvent être comptabilisés à deux, voire trois dates différentes si leur mandat est particulièrement long, par exemple de 1975 à 2004.

Le nombre total des professeurs de biologie et de chimie augmente avec les années. En moyenne, ils comptent pour environ 13% du total des élites académiques. Ce taux connaît de petites variations selon la cohorte, avec un minimum de 11.8% en 1957 et un maximum de 14% en 1980. L'effectif le plus important pour les années 1980 et 2000 suit la tendance générale de l'augmentation du nombre de professeurs pour l'ensemble du champ académique suisse. Ces deux dernières cohortes sont marquées par une affirmation des sciences naturelles médicales sur laquelle nous reviendrons dans le chapitre suivant consacré à l'évolution des chaires professorales.

Il peut arriver que certains professeurs occupent deux mandats à la même date. On compte au total N=18 professeurs dans ce cas. Il s'agit premièrement de sept professeurs qui sont rattachés à deux facultés dans une même université, c'est-à-dire qui enseignent à la fois en faculté des sciences et en faculté de médecine, mais qui enseignent la même discipline (biologie cellulaire, biochimie ou chimie organique). Il s'agit ensuite de onze autres professeurs qui enseignent simultanément dans deux

⁴⁰ Outre ceux de professeur ordinaire, extraordinaire et associé, certains autres titres ont été assimilés à des positions d'élites. Leur signification varie en fonction des spécificités des universités cantonales et une table de correspondances a été établie pour les identifier et les classer systématiquement. Il s'agit par exemple du titre de professeur adjoint à l'Université de Genève ou de professeur assistant à l'EPFZ qui sont également considérés comme élites dans la base de données.

⁴¹ Le terme *Biologie+Chimie* avait au départ été décidé comme catégorie de classement des disciplines dans la base « Elites suisses ». La reprise de ce terme permet d'éviter la confusion avec celui de *Biochimie* qui regroupe l'ensemble des professeurs de biochimie en faculté des sciences et de médecine et qui est donc une catégorie plus large.

institutions, dans la majorité des cas, à l'Université de Zurich et à l'EPFZ ou à l'Université de Lausanne et à l'École polytechnique de Lausanne. Pour que chaque professeur ne soit associé qu'à un seul mandat, nous avons privilégié le mandat avec la fonction la plus élevée. Lorsqu'un professeur occupe deux positions équivalentes dans deux universités différentes, c'est le mandat le plus long qui a été conservé.

Le tableau 2.2 indique comment les professeurs de biologie, de chimie et de sciences naturelles médicales se répartissent dans les universités en nombres absolus et en proportion du total des élites académiques, toutes disciplines confondues.

Tableau 2.2 Effectifs des professeurs selon la discipline et l'université (1910-2000)

	UniBa	UniBe	UniFr	UniGe	UniL	UniNe	UniSG	UniZh	EPFL	EPFZ	Total
Biologie	67	39	25	50	41	24	0	50	3	63	362
Chimie	52	31	29	41	42	20	5	30	16	84	350
Sc.Nat.Med	24	45	0	29	36	0	0	35	0	1	170
Total	143	115	54	120	119	44	5	115	19	148	882
Total des élites académiques	884	892	501	1062	850	333	161	959	331	895	6733
Proportion (en %)	16.2%	12.9%	10.8%	11.3%	14.0%	13.3%	3.1%	12.0%	5.7%	16.5%	13.1%

Note : Les cinq mandats de professeur de chimie à l'Université de Saint-Gall concernent trois professeurs extraordinaires de chimie industrielle et technique (et doyens de la Technologisch-naturwissenschaftliche Abteilung). Le mandat de professeur de sciences naturelles médicales à l'EPFZ concerne une chaire de biotechnologie médicale dans l'Abteilung 03 Werkstoffe. Ce professeur occupe également une chaire à la Faculté de médecine de l'Université de Zurich. Les 3 professeurs de biologie à l'EPFL occupent des chaires de biotechnologie au Département de Génie rural.

Le nombre de professeurs de biologie et de chimie est très variable selon l'université. En fonction du nombre total de chaires, leur proportion oscille entre 3.1% et 5.7% au minimum pour l'Université de St-Gall et l'EPFL et 16.5% et 16.2% au maximum pour l'EPFZ et l'Université de Bâle. L'EPFZ est celle qui compte le plus de professeurs de l'échantillon en nombres absolus (N=148), devant les Universités de Bâle (N=143), de Genève (N=120), de Lausanne (N=119), de Berne et de Zurich (N=115). Les autres universités, qui sont aussi de taille plus modeste, comptent beaucoup moins de professeurs. Il s'agit des Universités de Fribourg (N=54), de Neuchâtel (N=44), l'EPFL (N=19) et de St-Gall (N=5). On trouve des professeurs de sciences naturelles médicales dans cinq universités, ce qui s'explique par le fait que les autres institutions ne possèdent pas de faculté de médecine. L'Université de Berne est la seule qui compte une proportion de professeurs de sciences naturelles médicales supérieure à celle des professeurs de biologie et de chimie. Nous reviendrons en détail sur l'échantillon et la distribution des disciplines dans le chapitre 3 lorsque nous aborderons les chaires professorales.

L'étude de cas présentée au dernier chapitre de cette thèse est basée sur un échantillon différent. Il est composé de l'ensemble des professeurs de l'EPFL aux dates de 1980, 2000 et 2010 et sera présenté directement dans le cadre du chapitre.

1.3 Principales dimensions analytiques de la thèse et résumé des indicateurs

Pour mener les analyses dans les différents chapitres, nous avons récolté de nombreuses données correspondant à des indicateurs basés sur quatre dimensions : (1) les données biographiques, les fonctions occupées par les professeurs et les disciplines, (2) les ressources spécifiques (scientifiques, institutionnelles, internationales et extra-académiques), (3) les carrières et (4) les positions occupées dans les réseaux des co-requêtes de projets financés par le FNS. Le tableau 2.3 résume ces différents

indicateurs. Ceux-ci sont regroupés en fonction de différents *capitaux* que nous décrivons plus précisément par la suite, au moment où ils seront mobilisés.

Tableau 2.3 Indicateurs récoltés pour l'analyse des professeurs de biologie et de chimie

Dimensions	Indicateurs
Caractéristiques sociodémographiques	Sexe
	Date de naissance
	Lieu de naissance
	Nationalité
	Cohorte
Affiliation disciplinaire	Discipline principale basée sur la chaire d'enseignement
	Sous-discipline
	Domaine de spécialisation
	Echelle d'analyse
Capital scientifique	Prix scientifique
	Position maximale atteinte dans la hiérarchie académique
	Lieu du séjour postdoctoral
	Position dans un centre de recherche national (du type CNRS ou Max-Planck) Position dans un centre de recherche intergouvernemental ou indépendant (du type Scripps Clinic ou EMBL)
Capital institutionnel et extra-académique ⁴²	Membre du Comité central de l'Académie suisse des sciences naturelles
	Membre du Conseil national de la recherche du Fonds national suisse de la recherche scientifique
	Position de recteur d'une université
	Position de doyen d'une faculté
	Membre d'une commission extra-parlementaire Position extra-académique (par exemple dans des laboratoires <i>in-house</i> ou des laboratoires gouvernementaux)
Capital international	Lieu du doctorat
	Durée de la carrière à l'étranger avant la stabilisation en Suisse
Réseaux et capital social	Nombre de projets FNS obtenus
	Montant des financements obtenus
	Fonction occupée dans les projets
	Centralité de degré
	Centralité d'intermédiarité
	Centralité de vecteur propre
	Fréquence des collaborations interdisciplinaires
	Discipline des projets Discipline des co-requérants
Etapas de la carrière	Lieu et date de l'obtention du diplôme le plus élevé
	Date de début et de fin de chaque mandat occupé durant la carrière
	Fonction occupée pour chaque mandat
	Institution / organisation
	Sphère d'activité (académique, extra-académique)
	Pays

Note : Nous ne disposons pas d'informations suffisamment systématiques concernant l'origine sociale des professeurs pour considérer cet indicateur. Bien qu'elle soit très importante en sociologie car permettant de réfléchir aux trajectoires de mobilité *ascendante* ou *descendante*, aux *habitus de classe* ou aux liens entre disciplines et groupes sociaux (Renisio 2015), trop peu de sources sont disponibles pour pouvoir inclure l'origine sociale dans nos analyses.

Tous ces indicateurs seront développés en détail lorsque nous les mobiliserons dans les chapitres correspondants. S'ils sont majoritairement traités de façon quantitative, notre analyse des professeurs comprend aussi des retours plus qualitatifs lorsqu'il s'agit d'exemplifier des tendances générales, ou simplement par le fait que le codage des données a été réalisé « à la main », soit à partir de sources parfois très diverses et demandant une attention toute particulière. Les données ont été récoltées de manière à ce que les indicateurs couvrent l'ensemble des professeurs de l'échantillon, en suivant les principes de la méthode prosopographique. Cette dernière permet d'aborder conjointement une

⁴² Certains indicateurs, tels que la participation dans des start-up ou dans des conseils d'administration de firmes privées, sont spécifiques au chapitre 6. Puisqu'ils ne concernent pas le reste de la thèse, ils seront abordés directement dans celui-ci.

population et des institutions pour réfléchir aux articulations entre ces deux éléments (Lemerrier & Picard 2012 : 618), soit, dans notre cas, les liens entre les profils et les carrières des professeurs et les institutions académiques (Abbott 2001a, Bourdieu 1984a) et les disciplines comme des cadres de référence dans lesquels sont ancrées les pratiques scientifiques (Marcovich & Shinn 2011) et qui sont à la base des *habitus* disciplinaires (Bourdieu 2001, Gingras 2012). Dans la partie suivante, nous présentons les sources et la récolte de données.

1.4 Sources et récolte de données

La récolte de données a consisté en une part importante de ce travail, en termes de temps, mais aussi en termes de conceptualisation et d'opérationnalisation. Il a en effet été fréquent de devoir retourner aux sources après avoir développé certains concepts ou certains indicateurs. En particulier pour les carrières des professeurs, ces allers-retours entre collecte et traitement des données ont véritablement façonné la construction des *séquences* constituant les trajectoires des professeurs. Les sources auxquelles nous avons eu accès sont très diverses. Elles sont parfois systématiques concernant l'un ou l'autre indicateur, comme par exemple dans le cas de listes de membres au sein desquelles il a fallu retrouver les professeurs, mais elles sont souvent éparpillées et il a été nécessaire de compiler de nombreuses sources pour finalement obtenir les informations systématiques dont nous avons besoin. Il n'existe pas de base centralisée concernant les professeurs des universités en Suisse. Chaque université cantonale possède son propre registre, pas nécessairement mis à jour et contenant une quantité d'informations parfois conséquente, mais souvent assez décevantes. Le manque de systématique des sources peut apparaître comme un sérieux biais pour la crédibilité des résultats des analyses. Pour pallier cela, nous avons pris soin de référencer chaque information et d'effectuer de multiples tentatives de recodages avant de parvenir à une solution satisfaisante. Cela a aussi eu un effet positif car nous avons dû nous pencher de très près sur notre matériau de recherche et le temps passé à considérer le traitement des informations nous a amené à devoir vérifier à maintes reprises le statut et la pertinence des données récoltées, nous permettant d'en acquérir une connaissance qualitative importante.

La liste des professeurs a été établie sur la base des *Almanachs universitaires suisses* correspondant aux dates de 1910, 1937, 1957, 1980 et 2000. Les almanachs de 1920 à 2000 ont également été systématiquement consultés pour retrouver les doyens des facultés des sciences et de médecine des Universités de Bâle et de Neuchâtel ainsi que des départements de chimie et de biologie de l'EPFZ qui ne figuraient pas dans les rapports d'activités ou les monographies de ces institutions. Ces monographies historiques composent l'une des sources principales pour la récolte de données. Elles comportent généralement une liste du personnel académique ainsi que des informations biographiques sur les professeurs. Il s'agit des ouvrages de Thommen (1914), Boner (1943), Bonjour (1960) et Kreis (1986) pour l'Université de Bâle, de Scandola (1984a, 1984b) pour l'Université de Berne ainsi que d'un recueil du corps professoral à partir de 1980 publié par l'université, de Ruffieux (1991a, 1991b, 1991c) pour l'Université de Fribourg, de Martin (1958, 1959), Marcacci (1987) et d'un recueil des professeurs édité par l'Université de Genève (1986) pour cette dernière, de Tissot (1996), Robert & Panese (2000), Kiener (2005) et Zeller & Liard (2005) pour l'Université de Lausanne, de Jeanneret et al. (1994) et de Rebetez et al. (2002) pour l'Université de Neuchâtel, de Gagliardi et al. (1938) et de Stadler (1983) pour l'Université de Zurich, de Guggenbühl (1955), Tobler (1980) & Gugerli et al. (2010) pour l'EPFZ et, enfin de Cosandey (1999), de Pont (2010) et des *Annuaire des professeurs de l'EPFL* édités entre 1990 à 1997 pour l'EPFL. En outre, quatre universités ont permis à l'équipe de recherche d'accéder à des bases de données informatiques fournissant de nombreuses informations sur leur personnel académique. Il s'agit des Universités de Fribourg, de Genève et de Lausanne ainsi que de

l'EPFZ. Aucune de ces sources n'est véritablement systématique du point de vue des informations fournies sur les professeurs. Parfois, elles proposent des biographies du corps enseignant mais ne couvrent qu'une partie du xx^e siècle, ou les informations sont disséminées au sein du texte et sont lacunaires. De manière générale, il est beaucoup plus difficile d'obtenir des données biographiques sur les professeurs de la période récente par le biais des monographies et il a été nécessaire de compléter ces sources de différentes manières.

Premièrement, nous avons eu recours à plusieurs dictionnaires biographiques tels que le *Dictionnaire historique de la Suisse* (DHS), le *Who is Who in Switzerland* ou la *Neue Deutsche Biographie*. Deuxièmement, certaines données ont pu être récoltées via les archives en ligne de certains journaux régionaux comme *L'Express* et *L'Impartial* (Neuchâtel) et la *Neue Zürcher Zeitung* (Zurich) ou le *Journal de Genève*. De manière générale, ce sont les nécrologies qui ont surtout été considérées. Troisièmement, les rapports d'activités du Conseil des écoles polytechniques fédérales (CEPF) disponibles en ligne nous ont permis d'obtenir des informations sur les dates de nomination et de départ des professeurs de l'EPFZ et de l'EPFL lorsqu'elles manquaient. Les rapports de gestion de l'Université de Zurich contiennent aussi un certain nombre de nécrologies. Quatrièmement, nous avons pu compter sur la disponibilité de nombreux CV en ligne et autres pages personnelles souvent rattachées aux sites internet des institutions académiques en Suisse et à l'étranger. Certaines thèses en ligne référencées sur les sites *worldcat.org* et *nebis.ch* contiennent également des informations biographiques et permettent d'identifier les directeurs de thèse. Enfin, un ouvrage nous a été fort utile, notamment pour compléter les principales étapes de la carrière des professeurs de biologie. Il s'agit de celui de Stettler (2002) qui fournit, en annexe, un index de nombreux professeurs de biologie indiquant l'année de naissance, le domaine de spécialisation et, pour une majorité, les postes académiques occupés.

Les sources mentionnées jusque-là ne contiennent en principe pas d'informations sur les activités exercées en dehors de la sphère académique. Les CV en ligne renseignent généralement sur l'occupation de ce type de position. Nous avons également parcouru le réseau social en ligne *LinkedIn* et la plateforme d'agrégation des données des registres du commerce des communes suisses *Moneyhouse.ch* pour laquelle nous avons même souscrit un abonnement *premium* donnant accès à l'ensemble des données du site. Nous avons aussi et surtout utilisé *Moneyhouse.ch* pour établir la composition des membres des start-up des professeurs de l'EPFL et pour identifier les mandats exécutifs des professeurs au sein de firmes privées. Les informations ont été considérées de manière très attentive lorsqu'elles provenaient de sources « auto-déclarées », c'est-à-dire éditées par les individus eux-mêmes. Il est arrivé de façon assez fréquente que certaines déclarations relatives aux postes occupés soient un peu vagues ou participent à survaloriser la fonction, par exemple en indiquant *professeur* pour un mandat de *chargé de cours*.

Concernant l'identification des membres du Comité central de l'Académie suisse des sciences naturelles, nous nous sommes basé sur les publications des rapports d'activité de l'ASSN disponibles en ligne sur la plateforme *e-periodica.ch* (anciennement *retro:seals.ch*). Ces rapports prennent le nom d'*Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles* de 1838 à 1977, celui d'*Annuaire de la Société Helvétique des Sciences Naturelles* de 1978 à 1987, puis d'*Annuaire/Académie Suisse des Sciences Naturelles* de 1988 à 2003. Ces rapports contiennent aussi, en principe chaque année, un bilan des activités de chaque société spécialisée par sous-discipline. Les informations au sujet des membres du Conseil de la recherche du Fonds national suisse de la recherche scientifique ont été récoltées dans les rapports annuels publiés par le FNS depuis sa création en 1952. Les données relatives aux financements et aux membres des projets octroyés par le FNS proviennent d'une base de données appelée « P3 » (pour *Projets, Publications, Personnes*). Le contenu de cette base et la manière dont

nous en avons utilisé les données seront développés dans le chapitre traitant des réseaux de collaboration scientifique.

2. Une méthodologie entre statistique descriptive et ethnographie quantitative

L'analyse des données d'une base prosopographique soulève deux enjeux fondamentaux sur le type et l'usage des méthodes quantitatives et qualitatives pouvant être mobilisées. Un tel matériau de recherche possède autant les caractéristiques de l'enquête statistique par échantillon que l'étude de cas. Ce statut hybride rend possible l'usage d'un éventail particulièrement large de méthodes, pour autant que l'on adapte certaines pratiques et techniques à la spécificité des données disponibles (Lemerrier & Picard 2012). La base construite et exploitée dans le cadre de cette thèse n'est pas un échantillon mais correspond bien à une population exhaustive : celle de l'ensemble des professeurs de biologie et de chimie en Suisse en 1910, 1937, 1957, 1980 et 2000. Elle contient un nombre suffisamment élevé de cas pour permettre un traitement quantitatif des données mais n'a pas pour vocation en tant que telle de conduire à une généralisation de type inférentiel, car elle ne peut représenter autre chose qu'elle-même (Gros 2017 : 134). La méthodologie mobilisée dans ce travail se trouve ainsi au carrefour entre, d'une part, le raisonnement par cas typique des pratiques ethnographiques et, d'autre part, le recours à des techniques d'analyse permettant d'appuyer le raisonnement sur des outils statistiques.

Cet aspect a une conséquence importante en termes d'analyse de données : il pousse à s'interroger sur la pertinence de l'usage des tests statistiques du khi-deux et des *p-values*. En effet, « la vraie valeur, celle que l'on souhaite connaître par des traitements quantitatifs, est la valeur *dans ce cas* et non dans une population qui le contiendrait. Par conséquent, l'étude quantitative d'une population exhaustive construite comme un cas n'existe ni n'autorise l'inférence » rendant ainsi « le recours aux tests de significativité théoriquement inapproprié » (Gros 2017 : 136). La principale conséquence se trouve dans la façon d'aborder la généralisation qui, ne reposant pas sur la logique de significativité et d'inférence traditionnelle des traitements quantitatifs, engage davantage le raisonnement sociologique, c'est-à-dire une réflexivité approfondie sur l'interdépendance entre la théorie mobilisée et les techniques appliquées⁴³. Nous avons déjà présenté la base de données, les indicateurs et les sources au point précédent, et cette partie sera donc spécifiquement consacrée à la présentation des méthodes utilisées.

Avant de les présenter en détail, il nous faut faire état de deux remarques importantes. Premièrement, il serait erroné de prétendre que le traitement des données s'est déroulé en amont des analyses, parce qu'il a en fait été réalisé en même temps, au gré d'innombrables va-et-vient entre les résultats d'analyse, le codage, une nouvelle récolte de données, de nouveaux codages pour de nouvelles analyses, et ainsi de suite. Il est essentiel de le mentionner car ces nombreux traitements et codages successifs des données ont eu un impact aussi important sur les résultats que l'application des techniques d'analyses elles-mêmes. Afin de rendre possible une intervention directement sur les données de la base « Elites suisses » stockées dans une base *Filemaker Pro* sur le serveur de l'Université de Lausanne tout en poursuivant les analyses, nous avons mis en place une série de *scripts*

⁴³ Pour une illustration approfondie de la réflexion sur les liens entre le travail de Bourdieu et l'usage des méthodes quantitatives, voir par exemple Rossier (2019) qui a développé une stratégie méthodologique de sa thèse, par ailleurs méthodologiquement très proche de la nôtre.

pour le logiciel *R*⁴⁴. Ces *scripts* ont pour objectif de permettre de relancer la chaîne allant des recodages aux résultats autant de fois que nécessaire sans avoir à intervenir manuellement sur les fichiers de données. Il est ainsi possible de modifier les champs de la base « Elites suisses » sans conséquence pour la bonne marche du processus d'analyse. Enfin, les *scripts* fonctionnent également comme une trace de l'ensemble des manipulations effectuées et peuvent permettre à d'autres utilisateurs de reproduire l'entier des résultats.

Deuxièmement, ce travail propose régulièrement des « retours » plus qualitatifs qui permettent d'approfondir et de solidifier certains résultats obtenus par le biais des analyses quantitatives⁴⁵. L'une des manières d'effectuer ces « retours » est d'illustrer les tendances principales qui ressortent des résultats, par exemple sous forme de profils types créés par des classifications automatisées, par des figures particulières. Au sens de Lahire (2002), les « portraits sociologiques » peuvent être un outil pour éviter l'écueil de l'homogénéisation des caractéristiques individuelles en rendant compte de la complexité dispositionnelle des individus. Dans la continuité de *L'Homme pluriel* (Lahire 1998), Lahire cherche à comprendre comment les dispositions des individus se manifestent dans différents contextes et comment leurs comportements varient. Ce type d'enquête requiert un nombre de données que nous n'avons pas pour ce travail. Nous suivons plutôt une logique d'illustration par un retour sur les représentants les plus typiques de chacun des profils ressortant des analyses permettant un « retour contrôlé de la prosopographie à la biographie » (Lemerrier & Picard 2012 : 24-25). Outre ces tentatives d'incarnation des logiques de différenciation principales entre les professeurs, nous intégrerons également quelques profils atypiques en nous focalisant sur les femmes professeurs.

Nous présentons maintenant les quatre classes de méthodes utilisées qui peuvent être regroupées en deux grandes familles. La première regroupe les analyses des correspondances multiples, les analyses de séquences et les analyses de réseaux qui, chacune à leur manière, permettent de dégager des résultats quantifiables tout en respectant la particularité des cas. La deuxième famille comprend les modèles linéaires généralisés qui sont des techniques d'analyses statistiques à visée inférentielle adaptées à la distribution de variables non-linéaires. Comme nous l'avons mentionné, notre matériau n'exclut pas le recours à de telles méthodes, pour autant qu'elles soient utilisées avec les précautions qui conviennent. Dans les parties qui suivent, nous présentons chacune des méthodes et la manière dont nous proposons de les utiliser de manière conjointe. Comme il est nécessaire d'exposer d'abord les enjeux spécifiques à chaque cas pour pouvoir dégager la méthodologie propre à chaque cas d'analyse, cette partie se limite aux aspects descriptifs généraux des méthodes. Les aspects spécifiques à l'application des méthodes seront développés dans les parties correspondantes.

2.1 Les analyses des correspondances multiples et de la *class specific analysis*

Les analyses des correspondances multiples (ACM) sont un type d'analyse multivariée des données géométriques développée par Benzécri dans les années 1960 (Beaudouin 2016) puis Le Roux et

⁴⁴ *R* est un langage de programmation et un logiciel libre permettant de très nombreuses manipulations et analyses sur les données, allant du traitement statistique simple aux méthodes plus complexes. De multiples fonctions sont disponibles via des *packages* développés par une large communauté de contributeurs. *R* est distribué via le Comprehensive R Archive Network (CRAN). Le traitement des données et la très grande majorité des analyses réalisées pour cette thèse ont été fait à l'aide de ce logiciel. Pour plus d'informations, voir www.r-project.org et www.cran.r-project.org.

⁴⁵ Il est nécessaire de mesurer l'emploi du terme « quantitatif » pour qualifier l'une ou l'autre technique d'analyse. Par exemple, l'analyse des correspondances multiples est un excellent exemple de méthode hybride permettant à la fois un traitement quantitatif et qualitatif des données et dont les résultats ne sont que (très) peu dépendants de la taille du groupe étudié (Le Roux & Rouanet 2010, Renisio & Sinthon 2014), contrairement aux analyses quantitatives traditionnelles mobilisant des tests de significativité (Gros 2017).

Rouanet (2010) notamment⁴⁶. Cette méthode est souvent associée aux travaux de Bourdieu, en particulier parce qu'elle permet de construire un champ ou un espace de manière empirique en modélisant géométriquement les *distances sociales* entre unités (Lebaron & Le Roux 2013 : 108). L'ACM est une analyse essentiellement descriptive, dans le sens que ses résultats ne dépendent pas de la taille des données soumises au traitement statistique (Le Roux & Rouanet 2010 : 2). Elle se fonde sur une analyse des propriétés des individus qui permet de considérer un nombre important de variables (Duval 2013 : 111). En tant qu'analyse géométrique, l'analyse des correspondances est une analyse des distances euclidiennes entre variables dans un espace à n-dimensions. Elle définit deux nuages de points possédant la même variance, appelés le nuage des modalités et le nuage des individus, structuré par des axes. Chaque axe possède un taux de variance expliquée (en %) et une valeur propre (*eigenvalue*) qui fonctionnent comme une mesure d'inertie, c'est-à-dire de la part de l'information totale prise en compte par chaque axe. Il est d'usage de calculer les taux modifiés de Benzécri qui renseignent sur l'importance relative des axes en prenant en compte le nombre de variables actives. Ces indicateurs permettent de déterminer le nombre d'axes retenus pour l'analyse (Lemerrier & Zalc 2008 : 63, Le Roux & Rouanet 2010 : 27). Comme les axes sont représentés graphiquement par paires de deux et que les deux premiers axes cumulent des taux modifiés généralement importants, les individus qui possèdent le plus de propriétés en commun sont aussi les plus rapprochés dans l'espace. A l'inverse, plus les individus se différencieront du point de vue de leurs propriétés, plus ils seront éloignés dans l'espace. Il en va de même pour les modalités. Celles qui s'opposent spatialement seront ainsi celles qui structurent le plus l'espace. Chaque modalité possède un score de contribution aux axes que l'on peut comparer à la contribution moyenne des modalités pour déterminer lesquelles contribuent le plus à la formation d'un axe donné (Le Roux & Rouanet 2010). L'ACM est une méthode d'abord *inductive*, bien que cela dépende de son utilisation, tant elle suit la logique des données et se centre avant tout sur leur description (Le Roux & Lebaron 2015).

L'ACM a donc pour but de dégager des oppositions entre les capitaux, qui permettent d'identifier des fractions de l'espace caractérisées par des profils d'individus relativement similaires. L'enjeu central est donc de comprendre quelles variables et quelles modalités participent à structurer l'espace. En plus de créer un espace géométrique des modalités des variables, l'ACM produit également un nuage des individus qui permet de voir la distribution de ceux-ci dans l'espace. Une fois l'espace construit par les modalités *actives*, il est également possible de projeter d'autres propriétés en tant que modalités *supplémentaires*, ou illustratives. Celles-ci ne participent pas à la formation des axes d'opposition mais sont situées par rapport aux axes et aux variables actives (Lemerrier & Zalc 2008 : 65). Cette méthode permet d'affiner l'analyse en intégrant des variables non structurantes de l'espace qui qualifient le profil des individus. La distance entre les coordonnées des modalités projetées dans l'espace, si elle est suffisamment importante, permet de rendre compte des distinctions mesurées par celles-ci et sert de référence à l'interprétation du poids relatif de celles-ci (Le Roux & Rouanet 2010 : 59, Hjelbrekke 2018 : 64, Toft 2019). Il est possible de mener un *clustering* sur les coordonnées des individus dans le but de former des *classes* de profils aussi similaires qu'ils sont différents des autres. En permettant le traitement de données individuelles qualitatives et quantitatives, regroupées en classes, l'ACM est un outil très utile pour le traitement de bases prosopographiques (Lemerrier & Zalc 2008). Les différentes classes peuvent ensuite être analysées en fonction de la surreprésentation ou de la sous-représentation des modalités supplémentaires au sein de celles-ci (Husson et al. 2010).

⁴⁶ Benzécri (1982 : 116) considère Karl Pearson (1901) comme le fondateur de l'analyse des données. On peut également citer Hirschfeld (1935), Fischer (1940), Guttman (1942), Burt (1950), Hayashi (1952) ou encore Shepard (1962). Pour une revue de la contribution de Benzécri à l'analyse des données, voir Beaudouin (2016).

Enfin, nous aurons recours à la *class specific analysis* (CSA), une méthode qui permet d'analyser un sous-ensemble d'individus selon une propriété particulière (Le Roux & Rouanet 2010, Hjellbrekke 2018, Hjellbrekke & Kornses 2016). Les étapes d'une CSA sont les mêmes que celles d'une ACM standard et ses résultats s'interprètent de la même manière. L'avantage d'une telle technique est qu'elle permet de comparer les axes d'opposition obtenus pour chaque sous-ensemble avec ceux de l'ACM générale. Les ACM et les CSA ont été réalisées à l'aide du *package soc.ca* développé pour le logiciel *R* par Anton Grau Larsen, Christoph Ellersgaard et Stefan Andrade.

Notre stratégie de recherche implique une combinaison des différentes méthodes. L'ACM permet une grande liberté d'association avec des résultats d'autres types de méthodes. Par exemple, il est possible de projeter les résultats d'une analyse de réseaux comme variables supplémentaires dans un espace construit par une ACM, ou d'utiliser certains indicateurs tels que les degrés de centralité comme des variables actives (De Nooy 2003, Bühlmann et al. 2013, Denord 2015) en les considérant comme des indicateurs de capital social compris comme une ressource spécifique (Mercklé 2011, Borgatti et al. 1998). Il est aussi possible d'utiliser les résultats de la classification des trajectoires calculées par le biais d'analyses de séquences (Lemerrier & Zalc 2008, Toft 2019). Cette combinaison permet d'introduire une dimension temporelle via l'analyse des carrières aux ACM souvent statiques dans le temps. Elle permet aussi de donner aux résultats des analyses de séquences une indication sur la manière dont les carrières sont situées dans la structure sociale (Abbott 2001b : 123-124).

2.2 Les analyses de séquences

Si les ACM se révèlent un excellent outil lorsqu'il s'agit d'aborder les relations entre les différentes fractions d'un champ permettant ainsi de décrire le système d'oppositions ou de similitudes qui définissent un espace (Bühlmann et al. 2013), elles ont le défaut de proposer une analyse statique, un peu à l'image d'une photographie de la configuration des capitaux à un moment donné. Le grand avantage des analyses de séquences (SA) est qu'elles permettent d'aborder les questions liées aux dynamiques temporelles. Ce type d'analyse a d'abord été développé dans le champ des sciences biologiques et informatiques, puis a été intégré aux sciences sociales notamment par Abbott et Hrycak (1990). En proposant un traitement quantitatif de données longitudinales, elles sont particulièrement adaptées à l'analyse des parcours de vie, notamment des carrières (Abbott & Hrycak 1990, Blanchard et al. 2014, Dlouhy & Biemann 2015). Elles ont pour but de décrire, représenter, comparer et classer les trajectoires subdivisées en états successifs et consistent en l'étude statistique d'une succession d'états ou d'événements successifs dans le but de modéliser des processus. Chaque individu possède une trajectoire unique définie par une suite d'états suivant des durées et un ordre spécifique (Blanchard et al. 2014). La comparaison systématique des séquences individuelles prises deux à deux permet de regrouper ou de dissocier les parcours selon leur ressemblance ou leur dissemblance. En termes séquentiels, cela revient à définir une liste d'états, puis d'y attribuer, sous forme de *coûts*, une valeur permettant de calculer le degré de similarité (ou de dissimilarité) entre deux séquences. Les analyses de séquences ont été réalisées à l'aide du *package TraMineR* développé pour le logiciel *R* par Gabadinho, Studer, Ritschard et Müller (Gabadinho et al. 2011).

Le principe de l'appariement optimal, ou *optimal matching* (OM), consiste à déterminer le degré de similarité ou de ressemblance entre des séquences en calculant la distance métrique les séparant (Abbott & Hrycak 1990, Elzinga 2014). Cette distance est calculée sur la base de coûts attribués à chaque opération nécessaire à la transformation d'une séquence en une autre. Plus le nombre d'opérations est grand, plus les coûts sont importants et les séquences dissemblables. Le principe consiste, pour chacune des séquences, au calcul des coûts minimaux nécessaires à transformer (ou

aligner) l'ensemble des états d'une séquence avec une autre. Les trois opérations sont l'insertion, la suppression et la substitution. Elles correspondent au fait d'ajouter un élément, d'en supprimer, ou d'en remplacer un par un autre. La distance optimale (*OM-distance*) entre une paire de séquences est ensuite définie par le coût minimal de passage de l'une à l'autre. La somme de ces coûts pour chaque comparaison est ensuite compilée dans une matrice qui détermine et classe les séquences selon le degré de similarité de l'ensemble des séquences de l'échantillon⁴⁷.

Il est possible d'explorer les séquences au travers de différentes fonctions contenues dans le package *TraMineR* pour rendre compte de l'ordre de succession des états, de leur durée, de la distribution de leurs fréquences ou encore de mesurer l'entropie longitudinale entre les différentes séquences (Widmer & Ritschard 2009) ou à l'intérieur d'une séquence en particulier (Elzinga & Liefbroer 2007). Comme pour les ACM, il est possible de mener un *clustering* sur la matrice des distances entre les séquences. L'identification des séquences modales et des séquences les plus représentatives d'un groupe ou d'une classe est utile pour retourner aux trajectoires individuelles de manière plus *qualitative* et illustrer les résultats à l'aide des cas les plus centraux (Blanchard et al. 2014, Gabadinho et al. 2011). Enfin, une fois les classes décrites en fonction des étapes, du rythme et de la temporalité des trajectoires, la même technique que celle utilisée dans le cas des classes des ACM peut permettre de qualifier celles des analyses de séquences par la surreprésentativité ou la sous-représentativité de certaines variables en comparaison de leur distribution générale.

2.3 Les analyses de réseaux

Les analyses de réseaux sont un type d'analyse relationnelle qui permet d'étudier les liens entre des groupes sociaux, des individus ou des institutions entre entités du même type (par exemple entre individus ou entre institutions) ou entre différentes entités (Everett & Borgatti 2013). La triade (Simmel 1999 [1908]), c'est-à-dire un groupe de trois sommets et les liens existant (ou pas) entre eux, est considérée comme l'élément de base de l'analyse de réseaux. Ainsi, « dès que les relations sont saisies non plus entre deux, mais entre trois éléments, autrement dit à l'échelle de la « triade », les relations interpersonnelles acquièrent une dimension impersonnelle » (Mercké 2011 : 9). C'est en cela que l'analyse de réseaux se distingue de l'analyse des relations sociales. La première apparition du terme de réseau peut être attribuée à l'anthropologue J. A. Barnes (1954) lorsqu'il étudie les habitants d'une petite ville de Norvège⁴⁸ :

« I find it convenient to talk of a social field of this kind as a *network*. The image I have is of a set of points some of which are joined by lines. The points of the image are people, or sometimes groups, and the lines indicate which people interact with each other. » (Barnes 1954 : 43).

On retrouve l'idée que les réseaux sont composés de *nœuds* reliés entre eux par des *liens* (autrement appelés *sommets* et *arêtes*) qui peuvent prendre une forme graphique de points reliés par des traits. Cette dimension va se développer notamment au travers de la théorie des graphes (Berge 1958) et il

⁴⁷ Ce qui rend l'analyse de séquence particulièrement intéressante, c'est qu'elle permet de calculer des similarités en intégrant les logiques de succession des états. Par exemple, une séquence alternant deux états (« emploi », « sans emploi », « emploi » et « sans emploi ») sera très similaire à une autre séquence alternant les mêmes états, bien que dans un ordre inversé (« sans emploi », « emploi », « sans emploi » et « emploi »). Une comparaison simple de l'occupation des états montrerait une dissemblance totale entre les deux séquences, puisqu'à aucun moment les deux ne présentent les mêmes états. Ce que permet l'analyse de séquence, c'est l'identification de la séquence de succession : dans ce cas, les deux sont similaires en représentant une alternance qui pourrait être interprétée comme de l'instabilité ou de la précarité, et qui serait dissemblable d'une séquence contenant uniquement des états « en emploi » ou « sans emploi ».

⁴⁸ « Son objectif initial était de décrire le « fonctionnement du système des classes sociales » dans une communauté d'échelle moyenne, au sein d'une société complexe développée » qui se « considèrent en réalité presque tous comme appartenant à une vaste et unique classe moyenne. » (Mercklé 2013 : 193).

est aujourd'hui très commun de représenter les réseaux de manière graphique par l'utilisation d'outils de visualisation de plus en plus développés. En vue d'une meilleure lecture et d'une meilleure compréhension des graphes, les nœuds sont souvent dispersés dans l'espace via des algorithmes de spatialisation dont les plus connus sont les algorithmes de *Fruchterman Reingold* (Fruchterman & Reingold 1991) et de *Force Atlas* (Jacomy et al. 2014). En règle générale, leur objectif est de minimiser la variance des *liens* tout en évitant qu'ils ne se chevauchent trop ou que trop de nœuds se retrouvent superposés les uns aux autres (Godechot 2010 : 337). Au-delà de ces aspects visuels, les réseaux peuvent être analysés à l'aide d'un certain nombre d'indicateurs relatifs à la densité, la cohésion ou la centralité des nœuds (Godechot 2010 : 340) ainsi que par l'identification de communautés spécifiques, par exemple à l'aide de l'algorithme de Louvain qui a pour fonction de maximiser le nombre d'arêtes à l'intérieur d'un groupe versus le nombre d'arêtes vers l'extérieur.

Les réseaux peuvent être *personnels* ou *complets* en renvoyant à une distinction entre une perspective *relationnelle* et une perspective *structurale* (Barnes 1972, Scott 1988, Burt 2005, Bidart et al. 2011, Mercklé 2011, Eloire et al. 2011). Les réseaux *personnels*, aussi appelés réseaux *égocentrés*, sont formés par l'ensemble des relations entretenues par un individu et ses contacts directs (et indirects), ainsi que les liens entre ces contacts. Ces approches présentent l'avantage de mieux restituer la dimension cognitive et individuelle des comportements relationnels que les approches structurales (Mercklé 2011 : 31). Par contre, elles laissent de côté la possibilité d'analyser les ressources conférées par la position d'un individu au sein d'un réseau global. Les réseaux *complets* sont constitués de l'ensemble des liens d'une population et visent à « reconstituer la structure relationnelle sous-jacente à l'action collective d'un milieu social » (Eloire et al. 2011). Bien que théoriquement antithétiques, ces deux approches peuvent être combinées lorsque l'on considère qu'une somme de réseaux personnels constitue une « portion d'espace structurel personnel » (Maillochon 2010 : 199).

De nombreux manuels sont consacrés aux techniques propres aux analyses de réseaux, comme par exemple Newman et al. (2006) ou Scott & Carrington (2011)⁴⁹. Nous n'en mobiliserons que quelques-unes dans le cadre du chapitre consacré aux collaborations scientifiques mesurées au travers des co-requêtes de projets de recherche financés par le FNS. Nous aurons recours à l'analyse structurale, notamment par les indicateurs de centralité de degré (Burt 1983), d'intermédiarité (Freeman 1979) et de vecteur propre (Bonacich 1972) pour mesurer la détention de capital social des professeurs (Bourdieu 1980b, Granovetter 2008 [1973], Burt 2005) mais aussi à une analyse plus typique des réseaux égo-centrés par la caractérisation de la discipline des projets et de co-requérants, c'est-à-dire des nœuds *alters*. Les analyses de réseaux ont été réalisées à l'aide du package *igraph* développé pour le logiciel *R* (Csardi & Nepusz 2006) et les visualisations avec le logiciel *Gephi*. Les résultats de ces analyses seront ensuite projetés en tant que modalités supplémentaires dans l'espace des professeurs créé par les analyses des correspondances multiples basées sur la détention des différents capitaux.

Si l'ACM est la technique de base du programme de quantification de Bourdieu, notamment parce que lui-même en a largement fait l'usage et la promotion (Lebaron 2015), l'utilisation de l'analyse de réseaux pour décrire des relations objectives en lien avec sa théorie de la structure sociale (basées sur la distribution des capitaux) est beaucoup plus discutée. Cette dernière est particulièrement indiquée lorsque l'on cherche à mettre l'accent sur la variable du « capital social » (Denord 2015 : 59), comme nous le ferons dans cette thèse. En fait, les deux méthodes mesurent des *distances* différentes : l'ACM mesure des distances euclidiennes, alors que l'analyse de réseaux mesure des distances géodésiques, c'est-à-dire un nombre de « pas » entre un point et un autre, et non pas une longueur de droite qui les sépare. Pour le dire autrement, les deux méthodes permettent une perspective structurale, mais elles

⁴⁹ Un glossaire de près de 170 notions relatives à l'analyse de réseaux a été réalisé et mis en ligne par Laurent Beauguitte à l'adresse suivante : <https://groupefmr.hypotheses.org/1216>.

ne mesurent pas les mêmes relations. De fait, l'analyse de réseaux peut très bien être effectuée sur des individus dont on ne connaît pas les propriétés sociales, ce qui est un non-sens pour l'analyse de champ (De Nooy 2003 : 315). Cependant, la distinction entre relations « objectives » et relations « effectives » s'exerce beaucoup moins lorsque l'on s'intéresse aux réseaux d'affiliation, c'est-à-dire aux relations entre individus et organisations. Au niveau inter-organisationnel, les relations effectives sont tout autant des relations objectives (Denord 2015 : 65). Par contre, la participation (formelle) d'un individu à une organisation n'implique pas qu'elle soit nécessairement effective. On peut noter deux manières de conjuguer l'analyse de réseaux et l'ACM. Premièrement, il est possible, mais techniquement très difficile si le nombre de liens est élevé, de représenter les liens entre individus dans le nuage créé par l'ACM. On préférera recourir à cette première manière si l'on souhaite visualiser des réseaux individuels, sous peine de produire un graphe rapidement difficile à lire (Denord 2015 : 71). Deuxièmement, il est possible de projeter dans l'ACM les résultats d'une partition menée sur les individus (de type *clustering* et *blockmodel*), des sous-groupes cohésifs (ou cliques), ou encore de calculer les indicateurs de centralité pour les projeter en tant que variables supplémentaires mesurant le capital social, pour être analysés en lien avec les positions occupées dans l'espace.

2.4 Les modèles linéaires généralisés

La dernière famille de méthodes mobilisée dans ce travail est appelée « modèles linéaires généralisés » ou *Generalized Linear Models* (GLM) et consiste en la généralisation de la régression linéaire à d'autres types de variables dépendantes qui ne prennent pas une distribution *normale* telles que les variables binaires, les variables catégorielles et les variables de comptage ou ordinales (Nelder et al. 1972, Fox 2008, Fitzmaurice et al. 2004). On parle alors de régressions logistiques binomiales, multinomiales ou catégorielles et de régressions de Poisson (ordinales) ou binomiales négatives. La *régression logistique multinomiale* est une *régression logistique* pour des variables dépendantes avec trois modalités ou plus et la *régression logistique ordinale* est adaptée aux variables dépendantes avec trois modalités ou plus et qui sont ordonnées hiérarchiquement (Long 1997). De manière générale, les modèles de régression suivent une logique *explicative*, contrairement aux ACM qui sont d'abord *inductives* et *descriptives*, en ce qu'ils ont pour but d'isoler l'effet de chaque variable indépendante (ou explicative) sur une variable d'intérêt (ou dépendante). Le raisonnement *toutes choses égales par ailleurs* reflète la logique d'isolement des effets résiduels de certains facteurs explicatifs une fois les autres variables explicatives prises en compte dans le modèle. En tant que méthode de statistique inférentielle, les GLM permettent d'aborder les enjeux des effets d'une variable sur une autre, de significativité de l'effet, c'est-à-dire si celui-ci est dû ou non au hasard de l'échantillonnage, de prédiction et de qualité d'ajustement. Contrairement aux ACM, leurs résultats sont sensibles à la taille des échantillons et sont limités dans le nombre de variables pouvant être incluses dans un modèle. Les régressions linéaires classiques sont adaptées pour tester l'effet d'une ou de plusieurs variables indépendantes sur une variable dépendante de type continue. La réponse à la question « de combien augmente Y lorsque X augmente » suppose ici une relation linéaire, le coefficient associé à chaque variable représentant la *pente* d'une droite tracée dans la distribution des observations. Dans le cas des régressions logistiques, la distribution de la variable dépendante ne suit pas une loi normale. Elles sont basées sur une logique de probabilité et peuvent donc prédire des valeurs allant de 0 à 1. Les régressions de type GLM produisent, pour chacune des variables indépendantes, des résultats indiquant un coefficient (*Beta*), une erreur standard et une significativité des effets. Les coefficients (*Beta*) associés aux variables indépendantes sont des *log odds*⁵⁰. Ceux-ci ne sont pas aisément interprétables en tant que tels et il

⁵⁰ Les *odds* sont un ratio de probabilité, c'est-à-dire qu'ils correspondent à la probabilité (PI) qu'un événement se passe sur la probabilité qu'un événement ne se passe pas ($odds = PI / 1 - PI$). Une probabilité de 50/50 (comme tirer à pile ou face)

est très courant d'interpréter ces coefficients mis à l'exposant ($\exp(\text{Beta})$) qui indiquent des *odd ratios*, autrement appelés des *rapports de cote*.

Dans ce travail, nous utilisons des GLM notamment pour mesurer la force explicative de certains prédicteurs (variables indépendantes) sur l'appartenance aux classes issues du *clustering* effectué sur les coordonnées des professeurs dans l'espace créé par l'ACM, qui est une variable catégorielle non ordonnée. Nous avons choisi de mener des régressions logistiques binomiales de manière séparée pour chacune des classes plutôt que d'utiliser des régressions catégorielles (Long 1997). L'appartenance à chaque classe fonctionne comme une variable binaire (appartenir ou ne pas appartenir). Dans ce cas, un *odd ratio* de 2.8 par exemple pour la variable explicative *âge de stabilisation en Suisse (en années)* signifiera que, pour chaque année additionnelle, les *odds* d'appartenir à la classe correspondant au modèle (la variable dépendante binaire) augmentent avec un facteur de 2.8, ce qui correspond à une augmentation de 180%, ou un *rapport de cote* de 2.8 sur 1. Les *odd ratios* sont une variable continue dont la courbe n'est pas une droite, mais est exponentielle.

Puisque les *odd ratios* demeurent difficiles à interpréter, notamment à cause de la non-linéarité de la relation entre les variables indépendantes et la variable dépendante, on peut s'intéresser à d'autres types de résultats produits par les régressions tels que les probabilités prédites et les effets marginaux, souvent appelés *quantities of interest* en anglais. Les premières sont utiles lorsque l'on souhaite connaître la probabilité que la variable dépendante (Y) change, ce qui correspond ici à la probabilité « d'appartenir à une classe », lorsqu'un prédicteur (X1) prend une valeur arbitrairement choisie et que les autres paramètres sont constants. Les coefficients sont ainsi transformés en probabilités par le biais d'une fonction inverse au *logit* ($PI = \exp(\text{Beta}X1) / 1 + \exp(\text{Beta}X1)$). Le calcul des valeurs prédites de Y pour une valeur donnée de X1 retourne une valeur entre 0 et 1 qu'il suffit de multiplier par 100 pour obtenir des pourcentages.

Afin de rendre les effets comparables entre les différentes régressions logistiques binomiales, il est possible de calculer les *effets marginaux* qui ont l'intérêt de rendre opératoire le principe *toutes choses égales par ailleurs* de même qu'ils produisent également des valeurs sous forme de probabilités, beaucoup plus aisément interprétables que les *odd ratios* (Mood 2010, Leeper 2018). Leeper (2018) les définit de la manière suivante :

« The marginal effect communicates the rate at which y change at a given point in covariate space, with respect to one covariate dimension and holding all covariate values constant. [...] A marginal effect is, in essence, the slope of a multi-dimensional surface with respect to one dimension of that surface. » (Leeper 2018 : 7)

Si les valeurs prédites indiquent une probabilité lorsqu'un prédicteur (X) prend une valeur donnée, par exemple X=1, les effets marginaux indiquent le changement des probabilités lorsqu'un prédicteur change d'une unité ou, dans le cas de variables qualitatives, passe de 0 à 1. On obtient les *average marginal effects* (AME) en calculant la moyenne des effets marginaux pour toutes les valeurs observées de X, ce qui est très utile dans le cas des régressions logistiques où la relation avec la variable dépendante n'est pas une droite et où les effets peuvent varier d'une valeur de X à l'autre. Les AME renvoient ainsi une valeur moyenne unique pour chaque variable indépendante du modèle qui est directement interprétable comme la contribution marginale moyenne de X sur Y, sous forme de probabilité moyenne située entre 0 et 1. Les AME permettent donc d'interpréter l'effet des prédicteurs directement sous forme de probabilité comme s'il s'agissait d'une régression linéaire classique.

correspond à un *odd* de 1 pour pile (0.50/0.50) et de 1 (0.50/0.50) pour face. Dans la régression logistique, les valeurs des *odds* sont transformées par la fonction *logit*, soit le calcul du logarithme des *odds*. Le résultat de ce calcul prend le nom de *log odds*. Ceux-ci prennent des valeurs allant de $-\infty$ ($\log(0)$) à $+\infty$. Dans notre exemple, le *log odd* est de 0, puisque $\log(1) = 0$. Ce sont les valeurs des *log odds* qu'indiquent les coefficients (*Beta*) de la régression logistique (Fox 2008).

Chapitre 3. Biologie et chimie au xx^e siècle : rapprochements, différenciations et reconfigurations institutionnelles

« Trotzdem ist die Geschichte der Biowissenschaften der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts zuerst eine Geschichte des Aufstiegs der Molekularbiologie »

(Stettler 2002 : 13).

Dans ce chapitre, nous nous consacrons à montrer les rapprochements, les différenciations et les reconfigurations institutionnelles de la biologie et de la chimie au xx^e siècle et comment elles ont transformé la hiérarchie des disciplines. Si l'affirmation de la biologie moléculaire comme science dominante est en elle-même un objet d'étude privilégié de l'histoire des sciences, on ne sait en revanche que peu de choses sur les autres disciplines qui, de près ou de loin, entretiennent des relations avec elle. Nous nous intéresserons donc à l'ensemble des sous-disciplines de la biologie et de la chimie pour tenter de mieux saisir l'impact de la « Révolution du gène⁵¹ » sur la configuration de l'espace académique. Il s'agira d'une part de montrer comment la biologie moléculaire s'est affirmée en tant que discipline et, d'autre part, de comprendre dans quelle mesure elle a pu être intégrée dans d'autres domaines de la biologie, comme la biologie animale et la biologie végétale qui, progressivement, se partagent entre un pôle traditionnel de l'étude des écosystèmes et un pôle fonctionnel basé sur l'étude du vivant à l'échelle microbiologique⁵².

Il existe différentes façons de conceptualiser les sciences et l'activité scientifique, d'en construire et d'en relater l'histoire. De manière schématique, on peut distinguer deux tendances. D'un côté, des approches par les techniques et les objets de recherche, comme souvent abordées par les sociologues des sciences, de l'innovation et des techniques, qui privilégient une définition internaliste des pratiques scientifiques (Heilbron & Gingras 2015, Shinn & Ragouet 2006). L'unité d'analyse est souvent réduite, par exemple aux laboratoires ou aux petits réseaux de recherche, et un certain nombre de ces travaux plaident en faveur de la thèse de la fin des frontières disciplinaires⁵³. De l'autre, des approches qui s'intéressent à l'organisation institutionnelle des sciences et des politiques scientifiques, ainsi qu'aux dimensions structurelles de l'espace scientifique basées sur la distribution inégale des ressources et les rapports de force qui en découlent, définissent les disciplines comme les structures institutionnelles à la base de la reproduction des cadres et des normes scientifiques (Bourdieu 2001). Dans cette perspective, la science est comprise comme un système social d'institutions et d'agents dont les pratiques sont encadrées dans des contextes sociaux spécifiques auxquels les savants doivent s'adapter, notamment par la création d'institutions qui rendent la recherche scientifique possible (Gingras 2013).

⁵¹ Ici, voir le chapitre 1 et l'introduction. La « Révolution du gène » correspond au moment de l'affirmation de la biologie moléculaire et des biotechnologies dans le monde académique et la sphère industrielle à partir du milieu des années 1970 (Maupertuis 1999, Bürgi & Strasser 2010).

⁵² Nous montrerons plus loin dans ce chapitre comment nous avons pu construire une distinction entre les disciplines institutionnelles, les domaines de recherche et les échelles d'analyse pour intégrer une mesure empirique du processus de *molécularisation* de la biologie (Strasser 2006).

⁵³ Cette perspective de la fin des disciplines est directement liée aux approches de la rupture des modes de production du savoir présentées dans le chapitre 1 et dont l'ouvrage de référence reste *The New Production of Knowledge* de Gibbons et al. (1994). Pour un panorama des débats sur la définition des sciences, voir Shinn et Ragouet (2006).

1. Hiérarchies disciplinaires en transformation

Il ne semble pas nécessaire d'opposer les définitions institutionnelles aux définitions plus pragmatiques basées sur les pratiques de recherche tant et si bien qu'elles reflètent deux niveaux de compréhension différents du monde scientifique. Au contraire, il est intéressant de renseigner les changements dans les pratiques scientifiques pour les insérer dans le cadre des transformations des institutions académiques en considérant que la définition de la science est un objet de luttes constantes entre les agents du champ scientifique (Bourdieu 1976). Ces luttes sont en partie alimentées par les transformations de la pratique elle-même, des innovations scientifiques et des avancées technologiques, qui sont des objets de la reconnaissance par les pairs. Cette logique de légitimation s'inscrit dans des cadres spécifiques, ceux du champ académique et scientifique, si bien que l'on peut considérer le degré d'affirmation institutionnelle des disciplines comme un état des lieux de ces luttes à un moment et dans un espace donnés. Les transformations du monde scientifique sont ainsi indissociables des enjeux de légitimité institutionnelle des disciplines, et de l'influence des pouvoirs académiques, économiques et politiques dans la reconnaissance de la hiérarchie des savoirs.

L'histoire des sciences la plus naïve sociologiquement se focalise sur les dynamiques endogènes de la pratique scientifique, donnant parfois l'impression que la « science » ne se fait que pour et par elle-même, au sein d'un microcosme spécifique qu'il faut d'abord comprendre très précisément pour en décoder toutes les ficelles. C'est souvent le cas lorsqu'elle est racontée par les scientifiques à propos d'eux-mêmes, qui ont tendance à faire reposer le progrès scientifique sur les qualités individuelles de certaines figures devenues des références incontournables, plutôt que de questionner l'importance de facteurs plus structurels, endogènes comme exogènes au champ scientifique, comme par exemple le rôle des réseaux personnels et structurels spécifiques (Chapitre 5) ou la position occupée par les professeurs dans la hiérarchie du pouvoir académique (Chapitre 4). La plupart des récits de l'histoire des sciences accordent ainsi une place centrale aux « grands noms », que l'on retrouve dans tous les ouvrages de synthèse (Gingras 2018 : 5). Cette perspective de l'histoire « par le haut » renvoie directement à l'impact des logiques de pouvoir qui encadrent les sciences, des logiques souvent « invisibles » aux acteurs eux-mêmes, conférant aux agents dominants le pouvoir d'écrire l'histoire de leur point de vue spécifique. Les logiques de redéfinition des positions des agents au sein du champ scientifique et le rôle qu'occupent les disciplines dans ces luttes sont tout à fait déterminants pour comprendre les évolutions de la biologie et de la chimie.

1.1 Définition des disciplines

L'usage de la notion de *disciplines* nécessite qu'on lui prête une attention particulière. Celles-ci sont relativement récentes dans l'histoire des sciences et sont directement dépendantes de l'organisation institutionnelle académique, c'est-à-dire des universités sous leur forme contemporaine. Ce n'est qu'à partir de la fin du XIX^e siècle que le monde scientifique est constitué d'un ensemble d'entités relativement autonomes, avec des méthodes, des techniques et des théories qui leur sont propres et qui forment les disciplines (Gingras 2013 : 50). Auparavant, les sciences dites « modernes » de l'époque de la Renaissance qui avaient succédé aux sciences « anciennes » n'étaient pas encore divisées de façon aussi distincte et formelle (Gingras 2018). Les grandes branches du savoir (physique, biologie et chimie) deviennent progressivement indépendantes et se professionnalisent au XIX^e siècle, avec des objets de recherche propres. A partir du début du XX^e siècle cependant, elles se rejoignent pour partager un fondement commun : le fait que « toute matière, vivante ou non, est composée d'atomes et de molécules en interaction, obéissant aux lois fondamentales de la physique et de la chimie » (Gingras 2018). Ce mouvement de convergence transforme la nature des frontières des

disciplines, qui ne se distinguent plus sur le plan de leurs objets propres (la matière, le vivant, les lois de la nature), mais davantage par leur organisation académique⁵⁴.

La discipline, telle que nous la mobilisons dans ce travail, est ainsi définie comme une structure institutionnelle relativement stable caractérisée par une division du travail fortement institutionnalisée (Heilbron & Gingras 2015 : 8) et un ensemble de pratiques de recherche homogènes⁵⁵ (Gaudillière 1990). Les frontières des disciplines peuvent se modifier mais demeurent ancrées dans le cadre remarquablement stable des institutions académiques (Abbott 2001a, Fabiani 2016). L'intensité du *travail sur les frontières* symboliques des disciplines, c'est-à-dire la lutte menée par les agents du champ scientifique pour se distinguer des « amateurs », détermine le degré d'autonomie d'une discipline (Lamont & Molnar 2002). L'existence de lieux institutionnellement reconnus pour exercer et reproduire le savoir témoigne de l'état de cette lutte et renseigne sur le profil des agents dominants, la structure et le volume de leur capital spécifique, le capital scientifique, défini comme « propre aux pairs » (Bourdieu 1976 : 88). L'étude des disciplines sous l'angle institutionnel ainsi que celle des représentants de l'élite académique occupant les positions de pouvoir au sein de ces structures nous amènera, au long de ce chapitre, à dresser un portrait, ou un état des lieux de la hiérarchie des disciplines à différents moments du xx^e siècle.

Gingras (2013) identifie un certain nombre de points communs qui caractérisent les disciplines scientifiques. Premièrement, elles s'incarnent dans des structures institutionnelles reconnues, comme des départements ou des facultés, qui assurent la base de leur reproduction. Ensuite, chaque discipline possède des organes de promotion et de diffusion du savoir, comme des sociétés et des revues spécialisées qui leur permettent d'être visibles et de se développer. Enfin, les disciplines peuvent progressivement se fragmenter en spécialisations, ou sous-disciplines, suivant le même processus qui a progressivement professionnalisé les sciences en disciplines relativement autonomes. Ces spécialisations, si elles atteignent une certaine importance, pourront à leur tour se doter de revues et d'associations spécifiques. Néanmoins, si les spécialisations sont le lieu de la recherche active, c'est bien la discipline qui demeure le lieu de l'exercice du pouvoir et de la formation de base (Gingras 2013 : 51). Elle constitue le point de départ de la construction des *habitus* disciplinaires, c'est-à-dire de certaines dispositions à *penser et faire* la science (Bourdieu 2001, Heilbron & Gingras 2015). En cela, bien que les disciplines se reconfigurent et se renouvellent, elles demeurent le lieu de la reproduction des normes scientifiques et de l'ancrage des critères d'évaluation de la production scientifique (Darbellay 2015 : 135). Elles sont également les bases organisationnelles du monde académique et les instances de régulation des carrières, tout comme les revues scientifiques et les curricula reproduisent souvent leur découpage (Aust 2017). Il convient enfin de distinguer les disciplines des programmes et des groupes de recherche. Pour reprendre les termes de Reinhardt (2002), alors que la recherche est définie par des problèmes spécifiques et ne se cantonne pas à une ou l'autre discipline en particulier,

⁵⁴ Beaucoup parlent de l'inertie des disciplines. Voir par exemple (Reinhardt 2002 : 2) sur la physique et la chimie « The gap between physics and chemistry was – according to Slater – « a result of tradition and training, not of subject matter [...] this artificial and unfortunate separation, still influential in 1973, was linked to the disciplinary roots of chemistry and physics, which stretch back to the last eighteenth and early nineteenth centuries. »

⁵⁵ Dans un article consacré à la construction de la légitimité scientifique et la reconnaissance académique des sciences de l'information et de la communication, Robert Boure (2005) renvoie la définition des disciplines académiques aux cinq dimensions suivantes : une forme de spécialisation et de professionnalisation du travail scientifique revendiquée, un ensemble de savoirs, de langages et de manières de faire fonctionnant comme normes, l'existence d'une « communauté scientifique » dont les membres sont en concurrence pour l'obtention de gratifications symboliques, une autoréférentialité (concepts, citations, ouvrages, peer-review) et une reconnaissance par l'Etat (Boure 2005 : 2).

les programmes de recherche sont utilisés par les disciplines pour stabiliser leur autorité et comme ressource pour atteindre leurs objectifs institutionnels⁵⁶.

Comment de nouvelles disciplines émergent-elles ? Et comment se distinguent-elles des programmes de recherche ? Dans un article consacré au développement de la biochimie au CNRS dans les années 1960, Gaudillière (1990 : 1) relève que « tout le problème d'un groupe fondateur est d'arriver à transformer une série de savoirs et de pratiques « locales » en un ensemble assez cohérent pour être reconnu comme autonome par une partie de la communauté ». La similitude des approches expérimentales ou la continuité des programmes de recherche ne sont pas suffisantes pour définir le renouvellement ou la disparition des disciplines (Morange 2016 : 127). Il est nécessaire qu'un certain nombre d'acteurs bénéficient d'un volume de capital symbolique suffisant pour que leur « travail » soit reconnu au-delà des frontières de leur groupe de recherche. Dans le cas de l'émergence puis de la consolidation de la biologie moléculaire, certains acteurs clés ont été en mesure de convertir du capital symbolique (expérience aux Etats-Unis et maîtrise de technologies nouvelles, notamment le microscope électronique) dans le domaine de la biologie, conférant à cette dernière une légitimité nouvelle dont elle ne bénéficiait pas auparavant (Strasser 2002 : 10-11). Plus tard dans le siècle, la biologie connaît une nouvelle phase de repositionnement dans l'espace académique, appuyée par l'intégration des nouvelles techniques et infrastructures de génétique/génomique et le soutien des autorités académiques et politiques devenant même un objet de régulation politique avec des attentes des autorités politiques sur les enjeux de santé (Leresche et al. 2012 : 214-215, 337). Cette affirmation ne se résume pas aux découvertes scientifiques qu'elle a permises, ou dont elle est le fruit, mais résulte avant tout d'une construction sociale et historique autour d'enjeux qui ne sont pas nécessairement académiques. Parmi la diversité d'acteurs du monde scientifique, seule une minorité occupe les positions accordant les ressources nécessaires à l'exercice du pouvoir (Denord et al. 2011, Bourdieu 1984). Si les disciplines sont à la fois un produit de luttes de définition et un lieu de reproduction du pouvoir, il est nécessaire d'interroger les conditions de ces luttes et de distinguer les agents qui y participent.

1.2 Hiérarchie des disciplines et hiérarchie des positions

L'activité scientifique comprise comme rapport de pouvoir entre agents du champ scientifique (Bourdieu 1976) s'inscrit dans un cadre particulier, celui des champs scientifique et académique au sein desquels les disciplines sont hiérarchisées. Pour les agents du champ académique, l'appartenance à l'une ou l'autre discipline peut agir comme une ressource de pouvoir en fonction de la place qu'occupe celle-ci dans cette hiérarchie. En termes d'effectifs, plus les professeurs d'une discipline sont nombreux dans une institution académique, plus leur poids et leur pouvoir relatif seront potentiellement importants dans les questions liées par exemple à la distribution des ressources financières pour la recherche. De même, plus les représentants d'une discipline sont nombreux au sein des comités centraux des associations scientifiques, par exemple les académies des sciences ou les institutions de financement de la recherche, plus ils auront d'influence dans les décisions et plus leurs intérêts spécifiques auront des chances d'être formulés et entendus. Ainsi, la concentration du pouvoir au sein de ces élites académiques et scientifiques pose la question des profils de ces élites qui, à leur tour, permettent de définir les contours des disciplines au travers de la détention de ressources collectives (Bourdieu 2001). Il est donc particulièrement intéressant de retracer l'évolution des disciplines sous leur forme institutionnelle, c'est-à-dire la place qu'elles occupent au sein des

⁵⁶ « Research is problem-defined and is not confined to a single discipline, while discipline builders use research programs to stabilize their authority and as resource for their institutional goal » (Reinhardt 2002 : 3).

universités et des institutions des politiques de la science sous l'angle des positions occupées par les élites académiques. Bien que les reconfigurations disciplinaires soient d'abord un phénomène intra-académique, le cas de la biologie et de la chimie montre qu'il est aussi important de prendre en compte l'influence des sphères politique et économique dans le développement des disciplines.

Certaines sont considérées comme prestigieuses, comme la physique ou, plus récemment, la biologie fonctionnelle et d'autres occupent des positions dominées du point de vue du type et du volume des ressources de leurs représentants. Dans ce chapitre, nous chercherons à faire l'histoire de la biologie et de la chimie en les remettant en lien entre elles non pas d'un point de vue épistémologique, scientifique et technique uniquement, mais comme entités – ou institutions – sociales en relations dans l'espace académique. Comme nous le mentionnions dans la partie introductive, il est nécessaire de s'extraire des définitions endogènes des sciences pour replacer l'analyse sur la construction changeante de la hiérarchie des savoirs, elle-même corrélée à une hiérarchie des pouvoirs sociaux *sur* la science (Gingras 2012 : 285).

Les disciplines sont distribuées de manière inégale dans l'espace scientifique, c'est-à-dire que le crédit apporté à telle ou telle discipline à un moment donné dépend plus du rapport hiérarchique entre ces disciplines à un moment donné que d'une vérité pure (Gingras 2012). L'autorité conférée par le statut d'une discipline et donc le prestige de ses représentants joue un rôle très important dans la définition de la science, toujours animée par des controverses sur la validité des résultats de recherche. La biologie et les sciences de la terre par exemple ont longtemps bénéficié d'un statut dominé par rapport aux sciences naturelles, et notamment la physique dont la scientificité est légitimée par l'emploi des mathématiques. Actuellement, cette hiérarchie n'est plus la même et témoigne d'un changement de rapport de force au sein du champ scientifique, dont le cas de l'affirmation de la biologie fonctionnelle se révèle un très bon exemple. L'ascension de la biologie moléculaire, devenue très prestigieuse durant la seconde moitié du xx^e siècle, se rapprochant ainsi du statut de la physique, a particulièrement contribué à reconfigurer ces hiérarchies (Gingras 2012 : 284). Elle a ainsi eu un impact sur l'organisation de la biologie à l'interne de la discipline, mais également sur d'autres disciplines et notamment de la chimie. Les historiens s'accordent pour dire que les biotechnologies et le génie génétique ont peu à peu remplacé la synthèse chimique après la « Révolution du gène », mais l'on sait en revanche beaucoup moins bien comment les disciplines se sont réorganisées d'un point de vue académique. La chimie organique et la biochimie ont longtemps occupé la *place* de la future biologie moléculaire, et l'on peut se demander dans quelle mesure cette dernière n'a pas effectivement « remplacé » les premières. Et si c'est le cas, il sera nécessaire de s'intéresser à ce qu'elles sont devenues.

Afin d'aborder la question des reconfigurations institutionnelles de la biologie et de la chimie au xx^e siècle, ce chapitre sera articulé comme suit : nous commencerons par présenter une histoire de la biologie et de la chimie pour montrer la généalogie de ces disciplines et de leurs spécialisations. Ensuite, nous présenterons leur développement dans le contexte suisse. Ces deux premières parties plutôt historiographiques serviront à dresser un portrait général de la biologie et de la chimie, entre rapprochements et différenciations. Dans un troisième temps, nous proposerons une partie empirique consacrée aux reconfigurations de la hiérarchie des disciplines selon les chaires professorales, les positions institutionnelles des professeurs, les sociétés spécialisées et les membres de l'Académie suisse des sciences naturelles et les recherches financées par le Fonds national suisse de la recherche scientifique ainsi que les membres du Conseil national de la recherche du FNS.

2. Une histoire de la biologie et de la chimie entre autonomie et convergences

Avant de présenter le cas suisse en détail, nous proposons une chronologie du développement des disciplines et sous-disciplines de la biologie et de la chimie à partir du XIX^e siècle. Si la biologie et la chimie sont clairement deux disciplines distinctes – chacune possède ses propres sociétés disciplinaires, revues, instituts, chaires professorales et cursus universitaires – leur histoire montre un certain nombre de rapprochements et de développements conjoints. Certaines sous-disciplines se sont autonomisées relativement tôt et demeurent différenciées encore aujourd’hui, mais d’autres sont au contraire le produit de rapprochements successifs. De manière globale, on peut considérer que la biologie et la chimie se développent de manière relativement autonome durant le XIX^e et la première moitié du XX^e siècle. Dans la seconde partie du siècle, les deux disciplines semblent ensuite converger de plus en plus pour former le domaine des *sciences du vivant*. L’exemple le plus emblématique en est à nouveau le développement de la biologie moléculaire qui a été rendu possible par l’utilisation de nouvelles techniques issues de la chimie et de la génétique. L’histoire des sciences montre cependant que l’on retrouve de telles convergences, par exemple dans le domaine de la physiologie, dès le XIX^e siècle déjà. Si les deux disciplines de la biologie et de la chimie peuvent être considérées comme institutionnellement différenciées, leurs frontières peuvent parfois se révéler poreuses. La chimie et les approches physico-chimiques ont été importées comme un nouveau niveau d’analyse dans le champ de la biologie au début du XX^e siècle et continuent à jouer un rôle très important dans le développement de cette discipline tout au long du siècle. La chimie participe ainsi à la division de la biologie entre une biologie historique (biologie I), c’est-à-dire une biologie basée sur la comparaison des espèces vivantes, et une biologie fonctionnelle (biologie II) focalisée sur les mécanismes chimiques du fonctionnement des organismes (Gros 1993). La croissance très importante de cette dernière participera au développement des sciences de la vie qui s’accompagnera d’un discours « réductionniste » sur le vivant, mettant de côté l’observation et la classification des espèces et des écosystèmes au profit d’un focus sur les mécanismes chimiques des cellules et molécules organiques.

Nous présentons d’abord le cas de la chimie, puis celui de la biologie, pour terminer sur les applications industrielles pour les deux disciplines. Procéder dans cet ordre nous permet de présenter l’émergence de la biochimie comme s’autonomisant de la chimie pour ensuite se déplacer vers la biologie. Dans la littérature, l’histoire des deux disciplines est traitée de manière assez différente. Les ouvrages consacrés à la chimie remontent souvent au Moyen Age et la pratique de l’alchimie, bien que la naissance de la chimie moderne soit située au XVIII^e siècle et attribuée aux travaux de Lavoisier⁵⁷ (1743-1794) et son fameux principe de la conservation de la matière : « rien ne se perd, rien ne se crée, tout

⁵⁷ La théorie antiphlogistique de Lavoisier qui donne à l’oxygène son rôle dans l’oxydation, et qui est souvent considérée comme marquant la naissance de la chimie moderne (Vidal 1998 : 51) et un changement de paradigme évoquant une révolution scientifique au sens de Thomas Kuhn (1962). En Allemagne, la situation est alors assez différente qu’en France et les figures dominantes de la chimie de la fin du XVIII^e siècle s’opposent ouvertement à la théorie de Lavoisier (Hufbauer 1982). La communauté des chimistes allemands, qui préexiste à la professionnalisation de la discipline, se retranche d’abord derrière des figures telles que Georg Stahl (la figure derrière la théorie phlogistique) et Lorenz von Crell, fervent défenseur de cette dernière et fondateur de la première revue de chimie allemande en 1779, les *Chemische Annalen*. Après une période de conflit, une majorité de chimistes se range aux côtés des tenants de la « French chemistry » et, à la fin du XVIII^e siècle, le public intéressé par la discipline est surtout composé de médecins et de pharmaciens et la plupart des fonds mobilisés pour l’enseignement de la chimie se trouve au sein des écoles de médecine (le terme antiphlogistique peut également désigner les traitements anti-inflammatoires). La chimie s’y profile comme une manière de répondre de manière plus « scientifique » aux questions portées par les individus les plus prédisposés par leur parcours à valoriser la technique et les « faits » scientifiques, poussant la professionnalisation de la chimie vers le développement de centres d’enseignement et de recherche spécialisés qui favorisent une plus grande formalisation des carrières (Hufbauer 1982 : 145).

se transforme ». Les récits consacrés à la chimie s'arrêtent souvent à la fin des années 1970 et la découverte du code génétique, invoquant parfois la « fin de la chimie » qui perdrait son caractère propre en se confondant dans *les sciences du vivant* (Baudet 2017, Bensaude-Vincent & Stengers 1993). Pour la biologie, le cas est en quelque sorte inverse. L'histoire commence souvent au XIX^e siècle avec la fin des débats autour du *vitalisme* et de l'existence ou non d'une « force vitale » impossible à déterminer, mais c'est surtout la biologie « moderne » qui est mise en avant, avec une focalisation sur les développements récents de la seconde moitié du XX^e siècle à nos jours. Bien que ces différences ne facilitent pas un traitement en parallèle, nous chercherons à équilibrer ces deux littératures pour tenter de donner une image cohérente de l'évolution des deux disciplines. Les liens entre l'académie et le secteur privé ne sont pas l'objet central de ce travail. Nous y revenons néanmoins régulièrement pour deux raisons. Premièrement parce que l'académie n'est pas le seul lieu de production scientifique et, deuxièmement, parce qu'il est difficile de comprendre les évolutions des disciplines sans considérer le rôle qu'ont joué les firmes privées dans le développement des biotechnologies.

2.1 La chimie : une science relativement unifiée

La chimie occupe une position particulière dans le « triangle » des sciences naturelles qu'elle forme avec la physique et la biologie. Comme science étudiant la « matière » de manière fondamentale, elle sert en quelque sorte de base à la physique et la biologie, c'est pourquoi elle est souvent située « au milieu » des deux autres (Reinhardt 2002, Baudet 2017). Alors que la physique est l'étude du monde, de la nature et de ses lois, la chimie est l'étude de la composition de la matière sur laquelle reposent les lois physiques (Baudet 2017). De même, elle fournit à la biologie les outils et techniques nécessaires à la compréhension des mécanismes chimiques du vivant (Gros 1993). La chimie est ainsi en quelque sorte une discipline au carrefour des sciences physiques et des sciences biologiques. Ce statut « intermédiaire » rend assez difficile d'isoler l'histoire de la chimie de celle des autres sciences naturelles. Un autre point caractéristique de la chimie est la place qui est accordée à sa dimension appliquée. Contrairement à la physique et la biologie, qui sont abordées comme des sciences fondamentales, la chimie est souvent définie comme une science dont le but est de créer des produits et des substances chimiques, c'est-à-dire de construire des molécules (Bensaude-Vincent & Stengers 1993 : 197). La chimie est souvent abordée comme un ensemble, indépendamment qu'il s'agisse de la chimie académique ou de la profession, des chimistes ou des industries. En fait, on trouve très peu d'ouvrages consacrés à la chimie académique qui ne sont pas des manuels de chimie. Nous mobiliserons ici principalement Bensaude-Vincent & Stengers (1993) et Baudet (2017) ainsi que quelques références à l'histoire des industries chimiques qui, de son côté, a fait l'objet de nombreuses publications.

2.1.1 Professionnalisation et principaux courants de la chimie au XIX^e siècle

C'est au XIX^e siècle que remontent la professionnalisation de la chimie et la création d'institutions de formation et de recherche ainsi que de nombreuses sociétés donnant à la chimie sa reconnaissance sociale⁵⁸. Bien que sous des formes pouvant varier, la chimie trouve sa place dans l'enseignement supérieur avec la création de nombreuses chaires aux Etats-Unis, en Allemagne, en France et Grande-

⁵⁸ A ce titre, la chimie fait figure de précurseur dans le processus global de professionnalisation des sciences dès la révolution chimique de Lavoisier à la fin du XVIII^e siècle. La première revue de chimie, les *Annales de chimie*, est créée en France en 1789 et sera suivie des *Annali di chimica* en Italie en 1790, des *Anales de quimica* en Espagne (1791), de l'*Allgemeines Journal der Chemie* en Allemagne (1798) et du *Chemical Journal* la même année. La première société de chimie est fondée à Londres en 1841. D'autres suivront comme la Société chimique de Paris en 1857, la *Deutsche chemische Gesellschaft* à Berlin en 1866, la Société de chimie russe en 1868 et l'*American Chemical Society* en 1876. La chimie est également la première à organiser un congrès international, en 1860 à Karlsruhe (Bensaude-Vincent & Stengers 1993 : 128).

Bretagne (Bensaude-Vincent & Stengers 1993 : 127). C'est aussi à cette période que s'affirme la distinction entre chimie « pure » et chimie « appliquée ». Les enseignements de chimie sont en majorité donnés dans des facultés de médecine et dans les écoles techniques, mais l'on retrouve également des enseignements de chimie fondamentale dans les facultés des sciences. La chimie restera caractérisée par cette dualité, la chimie fondamentale étant considérée comme nécessaire au développement de la chimie appliquée, comme les deux faces d'une même pièce. Le modèle allemand, dans lequel le monde académique et celui de la production sont fortement liés, est particulièrement structurant pour la chimie, et l'utilité des produits de la chimie pour répondre à la demande industrielle est invoquée comme argument par les professeurs pour obtenir l'ouverture de nouveaux enseignements. En ce sens, « la promotion de la chimie comme science utile, au service de l'industrie, de l'agriculture ou de la santé profite autant sinon plus à la communauté académique qu'aux entrepreneurs » (Bensaude-Vincent & Stengers 1993 : 134). Le « génie chimique » ou « chimie industrielle » ne fera formellement son apparition dans les cursus de formation des chimistes que plus tard, à la fin du XIX^e siècle, même si l'enseignement de la chimie est déjà développé en lien avec la pharmacie, l'ingénierie et l'agriculture (Bensaude-Vincent & Stengers 1993 : 129, 136). Au début du siècle, la chimie se divise en deux, puis trois grands domaines principaux : la chimie inorganique, la chimie organique et la chimie physique, qui se développe au tout début du XX^e siècle. Il est à noter que si nous adoptons cette division classique par souci de compréhension, ces trois domaines de la chimie ne sont pas totalement exclusifs et regroupent un nombre important de sous-disciplines. Nous proposons d'abord de revenir sur les développements des disciplines de la chimie *académique* avant de revenir sur la question du rapport entre la chimie et ses applications industrielles dans la prochaine partie.

Un premier grand domaine de la chimie est celui de la chimie inorganique, également appelée chimie minérale⁵⁹, qui se consacre à l'étude de toutes les molécules excepté celles qui contiennent du carbone. On peut la considérer comme la branche la plus « fondamentale » de la chimie qui se concentre durant tout le XIX^e siècle à la découverte des éléments chimiques (Baudet 2017 : 149). Sa figure la plus emblématique est certainement Dimitri Mendeleïev (1834-1907) à qui l'on attribue la conception en 1869 du fameux tableau périodique des éléments qui a pour but de répertorier les éléments chimiques et de les classer selon leurs propriétés chimiques. La chimie inorganique permet de composer de nombreux métaux et alliages dont les applications sont nombreuses pour les industries, notamment dans la métallurgie, l'aluminium, les céramiques ou le verre.

Un deuxième domaine est celui de la chimie organique qui se concentre uniquement sur les éléments carbonés, c'est-à-dire les corps organiques. Elle se développe en trois phases successives durant le XIX^e siècle. D'abord une phase d'analyse des substances animales et végétales, à cette époque de petites molécules comme les acides organiques et les corps gras qui donneront naissance par exemple au savon. Puis, une phase de développement des techniques de synthèse en laboratoire et, enfin, une phase marquée par la création des premiers produits pouvant être réalisés à l'échelle industrielle et dont l'exemple typique est l'aspirine, l'un des premiers médicaments issus de la synthèse chimique qui sera commercialisé en 1899 par la société allemande Bayer (Baudet 2017 : 152). La chimie organique est donc le domaine de la chimie qui se consacre à la création de nouvelles molécules par la synthèse, permettant ensuite la création de nombreuses substances pouvant être produites à grande échelle et commercialisées, comme les médicaments, les colorants, le caoutchouc ou les hydrocarbures. Un exemple des premiers pas de la synthèse chimique est celle de l'urée en 1828 par Friedrich Wöhler (1800-1882) qui réussit à créer une matière « vivante » (l'urée) à partir de substances minérales (l'ammoniac, l'acide chlorhydrique et le cyanate d'argent), ce qui paraissait inconcevable jusqu'alors.

⁵⁹ On parle encore parfois de chimie générale pour désigner la chimie inorganique.

De nombreuses substances pourront être identifiées et synthétisées grâce à la chimie organique, comme c'est le cas de l'acide acétylsalicylique (aspirine) en 1897 ou de la vitamine C en 1933.

La découverte des rayons X en 1895 par le physicien Wilhelm Röntgen⁶⁰ et de la radioactivité par Pierre et Marie Curie en 1898 va avoir un impact décisif pour la formation d'un troisième domaine, celui de la chimie physique. Plus proche de la physique que les deux domaines précédents – il existe d'ailleurs une spécialisation de la physique appelée *physico-chimie* qui lui est très similaire – la chimie physique s'intéresse à la structure des atomes et aux liaisons chimiques à l'intérieur de ceux-ci. En 1916, le tableau de Mendeleïev qui recense les éléments chimiques et leur configuration électronique est complété et, pour ce domaine de la chimie, les développements ultérieurs se confondent avec ceux de la physique (Baudet 2017). Les chimistes physiques utilisent bon nombre de techniques de la physique appliquées à la chimie dans les domaines de la *chimie nucléaire* et la *radiochimie*, la *thermodynamique chimique* ou l'*électrochimie*. Au tournant du siècle, l'atome et la molécule dominent tous les débats sur le plan de la réflexion sur la matière (Baudet 2017). Comme le montrent Bensaude-Vincent & Stengers (1993 : 309) à propos de ce rapprochement entre chimie et physique : « [...] en contraste avec les débats où se disputent dès cette époque, et aujourd'hui encore, la possibilité de réduire la description du vivant aux lois de la physico-chimie, ou la description des « états mentaux » à ceux du cerveau, un point semble acquis : la chimie, quant à elle, a été *effectivement réduite* à la physique. L'émergence des propriétés chimiques de la molécule à partir de l'atome quantique des physiciens représente le premier pas réussi d'une conquête qui, de niveau en niveau, devrait affirmer partout le pouvoir des lois physiques. »

2.1.2 De la chimie organique à la chimie du vivant

Au xx^e siècle, la chimie organique va contribuer à deux nouveaux domaines : la chimie biologique et la chimie macromoléculaire, autrement appelée chimie des polymères (Baudet 2004 : 272). Alors qu'il n'était auparavant possible de ne synthétiser que de petites molécules, le développement de l'étude des macromolécules va permettre deux avancées majeures par la possibilité de créer des « molécules géantes », comme les protéines. Premièrement, elle donnera lieu au développement des textiles artificiels, des plastiques et plus largement des matériaux synthétiques. Ensuite, elle permettra le développement des sciences de la chimie dite du vivant : la *biochimie*, puis la *biologie moléculaire*. Pour aborder les développements de la chimie biologique dans la dernière partie du xx^e siècle, il est nécessaire de la remettre dans le cadre de l'histoire des sciences naturelles et de la biologie, ou encore la médecine et l'agronomie (Baudet 2004 : 294). En effet, le développement de la chimie du vivant participera fortement à favoriser une forme de réductionnisme dans ce domaine par la focalisation sur les réactions chimiques des molécules organiques. Des premières expériences sur la fermentation des sucres, la biochimie se développe dans la description des différentes étapes de la transformation des molécules à l'intérieur du vivant ainsi que dans la caractérisation des enzymes et des protéines. Des petites aux macromolécules, la biochimie se déplace progressivement de la chimie et de la physique vers la biologie (Morange 2016 : 19-20). « La biochimie prend, au début du xx^e siècle, le relais de la chimie physiologique. Etroitement associée à la clinique, la biochimie apporte au médecin des méthodes scientifiques de diagnostic ; discipline fondamentale, son objectif est aussi de comprendre les mécanismes de transformation des molécules à l'intérieur des êtres vivants » (Morange 2016 : 17).

La biochimie contribuera pour beaucoup au développement, dès la fin des années 1930, de ce qui deviendra la biologie moléculaire, aux côtés de la physique, de la biologie et surtout de la génétique (Strasser 2002). L'adoption du terme *biologie moléculaire* est un enjeu de lutte important jusque dans les années 1970, ayant d'abord pris les noms de *biophysique*, *biochimie moléculaire* ou *chimie*

⁶⁰ Röntgen sera le premier lauréat du Prix Nobel de physique (1901). Il a obtenu son doctorat à l'Université de Zurich en 1869.

biologique (Gaudillière 1990 et 1991, Strasser 2002 et 2006). Le développement de la biologie moléculaire ne fait cependant pas disparaître la biochimie. Les biochimistes sont toujours bien présents et se distinguent des biologistes moléculaires d'un point de vue de leur objet de recherche, de même que par une différenciation au niveau institutionnel⁶¹ (Gros 1993 : 73) c'est-à-dire par l'existence de sociétés, de revues et de groupes de recherche qui leur sont propres. Vers 1950, le développement de la biochimie avait permis la compréhension des protéines et l'on commençait à pouvoir interpréter les fonctions de la vie au travers des réactions chimiques. Il restait cependant une question : celle de l'hérédité. Ainsi, de la rencontre entre la biochimie et la génétique naissait la biologie moléculaire, ouvrant la voie au traitement des maladies génétiques ou à la création d'OGM (Baudet 2017 : 324). Cela n'implique cependant pas que la biochimie disparaisse, car si les biologistes moléculaires s'intéressent aux interactions entre les molécules d'ADN et les protéines et que certains biochimistes continuent de se focaliser sur l'étude des acides nucléiques (les quatre « bases » de l'ADN), la plupart s'en désintéressent, préférant la structure plus complexe des protéines elles-mêmes (Baudet 2017 : 326). De même, la *chimie physiologique* continue d'exister sous le terme de *chimie clinique* ou *biochimie clinique* en se focalisant sur l'analyse des molécules contenues dans les fluides corporels. A cette époque, la découverte du fonctionnement du code génétique considéré comme le « secret de la vie » et l'identification de son caractère chimique sont parfois considérées comme un signal de la « fin » de l'histoire de la chimie (Baudet 2017 : 332). A partir de ce point, la chimie est souvent abordée comme ayant intégré de nouveaux domaines de recherche, se confondant notamment dans les biotechnologies et l'industrie génétique ou encore les neurosciences.

Ces aspects relatifs à une hypothétique fin de la chimie témoignent d'une certaine crise d'identité de la part des chimistes qui, par ailleurs, considèrent les biologistes moléculaires comme des chimistes de seconde zone (Hafner 2011, Strasser 2002). A la suite d'une période de lutte pour leur crédibilité en tant que domaine des sciences du vivant, les chimistes se relégitiment au début des années 2000 en investissant de nouveaux enjeux liés aux domaines de l'environnement et des énergies renouvelables, par leur contribution aux nouveaux dispositifs visant notamment le remplacement du pétrole et le développement de l'énergie solaire. Cette très récente chimie *durable*, ou chimie *verte*, possède déjà des revues qui lui sont dédiées, des instituts et même des prix comme le *Presidential Green Chemical Award* aux Etats-Unis⁶² (Nieddu et al. 2014). Ce domaine émergent apparaît comme fortement intégré dans une stratégie des acteurs économiques qui « cherchent à assurer leur reproduction dans un contexte de changement annoncé et de crise de la chimie » (Nieddu et al. 2014 : 106).

2.2 La biologie : une discipline diversifiée

Dans la littérature, la biologie est souvent divisée en deux grands groupes : une biologie *historique* ou *évolutive* et une biologie *fonctionnelle* prenant progressivement le pas sur la première durant le xx^e siècle (Stettler 2006, Morange 2016). Comme pour le cas de la chimie, la question de son organisation interne est en réalité plus complexe car, loin d'opposer directement des disciplines à proprement

⁶¹ Bien que, d'un point de vue des mécanismes purement chimiques, il reste difficile de séparer clairement les disciplines de la biochimie et de la biologie moléculaire, du moins jusque dans les années 1970 (Baudet 2017 : 331), elles diffèrent cependant par leur objet d'étude et par leur degré d'intégration des enjeux liés à la génétique. La biochimie étudie principalement la structure des protéines (dont, parfois, celles qui sont à la base de l'ADN) sans pour autant intégrer des enjeux génétiques, alors que la biologie moléculaire s'intéresse spécifiquement aux interactions entre les molécules d'ADN et les protéines dans le but d'analyser la structure du génome.

⁶² Ce prix décerné par l'Agence de protection de l'environnement du Gouvernement américain récompense des membres du corps académique, mais aussi et surtout des firmes privées, notamment Merck & Co en 2019, Amgen en 2017, BASF en 1997 et Monsanto en 1996, première année où le prix a été décerné. Source : <https://www.epa.gov/greenchemistry/green-chemistry-challenge-winners>.

parler, ces deux pôles de la biologie reflètent d'abord des « niveaux d'analyse », *macro* pour le premier et *micro* pour le second. De plus, les deux n'évoluent pas uniformément avec les grands domaines de la biologie et ses sous-disciplines. Par exemple, on trouve de la zoologie *fonctionnelle* et de la zoologie *évolutive*, comme de la microbiologie et de la génétique dans la génétique des populations, pourtant représentante du courant de la biologie *évolutive*. Cette distinction demeure cependant très opérante, car elle reflète une opposition entre des explications *chimiques* (micro) et des explications *structurales* (macro) du vivant qui caractérise la biologie depuis le XIX^e siècle (Morange 2016 : 163). Elle est de plus largement intéressante parce qu'elle est réutilisée par les pouvoirs académiques et politiques. Dans le cas suisse, cette distinction entre biologie I (évolutive) et biologie II (fonctionnelle) apparaît de manière explicite dans les nomenclatures disciplinaires de l'Académie suisse des sciences naturelles comme dans celles du Fonds national suisse de la recherche scientifique.

La découverte de la technique de l'ADN recombinant au début des années 1970 et des technologies du génie génétique⁶³ aura un impact très important tant sur le développement de la biologie fondamentale que dans ses applications, telles que les biotechnologies. Le code génétique n'a cependant aucune signification en soi et nécessite d'être décrypté et replacé dans son environnement. C'est uniquement par ce « dialogue à trois » entre gènes, cellules et milieu que pourront se développer les nouvelles approches dites de la « biologie moderne » (Gros 1993 : 38). Afin de comprendre dans quelle mesure ces découvertes peuvent être considérées comme un tournant majeur dans l'histoire de la biologie (Gros 1993 : 41), nous allons d'abord revenir sur leur contexte d'émergence, puis sur leurs principales conséquences dans les sphères académique et économique.

2.2.1 Les trois grands courants de la biologie au XIX^e siècle

Au XIX^e siècle, la biologie se spécialise et se divise donc en deux courants majeurs : la biologie fonctionnelle et la biologie évolutive (Morange 2016 : 121). Ces deux courants correspondent à deux niveaux, ou échelles d'analyse. Le premier est centré sur l'échelle de la cellule (micro) et regroupe les disciplines naissantes de la *biologie cellulaire*, de l'*embryologie*, de la *microbiologie* et de la *physiologie*. Le second est centré sur l'évolution des organismes et du rôle de l'environnement (macro) pour composer l'échelle de l'écologie et de l'évolution qui, à cette période, regroupe les domaines de la *biologie animale* et de la *biologie végétale*. Le courant moléculaire qui est associé à la troisième échelle de la biologie (moléculaire) ne sera intégré que bien plus tard, dans la seconde partie du XX^e siècle⁶⁴.

On peut faire remonter le courant de la biologie *fonctionnelle* à l'émergence de la théorie cellulaire au XIX^e siècle et l'apparition d'une nouvelle génération de microscopes, une nouvelle manière de décrire et d'expliquer les phénomènes liés à la médecine est rendue possible, comme par exemple la maladie du cancer (Morange 2016 : 131). C'est la période de Pasteur (1822-1895) et du premier vaccin contre la rage de Koch (1843-1910) à qui l'on doit d'avoir isolé les premiers germes responsables de maladies humaines (Morange 2016 : 140). Ces développements théoriques et techniques permettront la création de nouveaux centres de recherche alliant activités de recherche, centres d'enseignement et lieux de production de vaccins et de sérums, à l'image de l'Institut Pasteur créé en 1887 (Morange

⁶³ Le génie génétique peut être défini comme une technologie qui « consiste à pratiquer des découpages et soudures artificielles des constituants chimiques (ADN) issus des chromosomes de façon à fabriquer des sortes de chimères moléculaires, lesquelles ont la propriété de se reproduire facilement dans les cellules provenant de micro-organismes ou d'organismes supérieurs » (Gros 1993 : 40).

⁶⁴ On peut établir une chaîne des échelles d'analyse allant du plus macro au plus micro qui serait la suivante : écosystèmes, populations, organismes, cellules, molécules. Ces échelles correspondent à des niveaux d'observation non réductibles aux principaux domaines de la biologie. Jusqu'au début du XX^e siècle, les échelles correspondent à des domaines et des spécialisations spécifiques. A partir de la seconde partie du siècle, certains domaines peuvent se décliner dans plusieurs échelles, suite au processus de *molécularisation* de certaines disciplines (Strasser 2006) comme le résultat d'un processus d'annexion par la biologie moléculaire (Gaudillière 1990). Un arbre de la classification des chaires professorales selon la sous-discipline, le domaine et l'échelle est proposé dans l'annexe 6.1.

2016 : 145). Après avoir permis de préciser la description des cellules vers 1830, la théorie cellulaire permet de comprendre les mécanismes de la reproduction à partir des années 1870, donnant naissance au domaine de l'*embryologie*. C'est également à cette période que peuvent être identifiés les microbes responsables des principales maladies infectieuses humaines. Le XIX^e siècle voit se développer la *physiologie*, fortement tournée vers la médecine mais aussi vers la chimie, dans le sens où l'activité des chercheurs est « directement orientée vers la caractérisation chimique des composants du vivant, la distinction étant souvent difficile entre les travaux des physiologistes et ceux des chimistes » (Morange 2016 : 149). Cette approche qui laisse une place croissante aux chimistes participera au développement de la *chimie physiologique* et, plus tard, de la *physiologie végétale* (Morange 2016 : 152). Nous y reviendrons, mais d'un point de vue de l'histoire des sciences, l'état de diversification de la physiologie et la cohabitation d'une biologie fonctionnelle et évolutive déjà au XIX^e siècle relativisent la *rupture* souvent attribuée à la montée de la biologie moléculaire au XX^e siècle.

Le second courant majeur se développant au XIX^e siècle est celui de la théorie de l'évolution, de l'hérédité et de l'écologie. Contrairement à l'approche plus microbiologique de la théorie cellulaire et physiologique, la théorie de l'évolution – dont l'un des initiateurs peut être incarné par Lamarck (1744-1829) – se centre sur l'évolution des organismes et le rôle de l'environnement dans ces transformations, par le recours notamment à l'*anatomie comparée* (Cuvier 1769-1832) et l'importance différenciée des systèmes physiologiques (Carl von Linné 1707-1778) qui permet la classification des organismes (Morange 2016 : 178). Un autre biologiste représentatif de ce second courant est bien entendu Darwin (1809-1882) qui publiera *L'Origine des espèces* en 1859 où il affirme, contrairement aux théories physiologiques, que l'évolution ne suit pas des lignes de développement (microbiologiques) mais est le résultat d'une adaptation à des environnements en perpétuel changement (Morange 2016 : 188).

Au XIX^e siècle, le courant *écologique* regroupe zoologistes et botanistes sans qu'il soit réellement possible de les distinguer (Morange 2016 : 211). Il se concentre sur les relations entre les organismes et leur environnement, notamment le développement du concept d'*écosystème*. Enfin, l'état des sciences biologiques au XIX^e siècle serait incomplet sans mentionner le développement de la théorie de l'hérédité dont les premiers travaux peuvent être attribués à Mendel (1822-1884). Ses expériences menées sur le croisement de variétés de petits pois donneront lieu aux deux premières lois de la génétique⁶⁵ (Morange 2016 : 191). Si la génétique reste relativement déconnectée de la biologie durant la première moitié du XX^e siècle, elle sera néanmoins l'un des piliers du développement de la biologie moléculaire à partir des années 1950 avec la biochimie.

2.2.2 De la biologie moléculaire aux sciences de la vie

La première moitié du XX^e siècle est marquée par une nouvelle diversification de la biologie : la formation de la *biochimie*, de la *génétique*, de la *virologie* et de l'*éthologie* notamment, mais surtout le développement de la *biologie moléculaire* à partir des années 1950 (Morange 2016 : 235). Comme pour le XIX^e siècle, il est possible de reprendre la distinction analytique entre une biologie *fonctionnelle* et une biologie orientée vers les relations entre les êtres vivants et leur environnement. Durant le XX^e siècle, le rôle de la compréhension des processus chimiques prendra beaucoup d'importance, en particulier dans les domaines de la biochimie, de la microbiologie et de la biologie moléculaire. Afin de saisir l'enjeu de la diversification des sciences biologiques, Gros (1993) identifie trois courants généraux de la biologie moderne : un courant *physico-chimique*, proche de la chimie et de la physique et qui inspirera les débuts de la biologie moléculaire, un courant *physiologique* donnant naissance

⁶⁵ La première loi, dite de « disjonction des caractères », stipule que les caractères parentaux réunis dans l'hybride se disjoignent lors de la formation des cellules reproductrices alors que la seconde, dite d'« indépendance des caractères », dit que des caractères différents sont transmis de manière indépendante (Morange 2016 : 191).

notamment aux neurosciences, et un courant *écosystémique* comprenant les zoologistes et botanistes travaillant sur les écosystèmes. On pourrait y ajouter un quatrième courant, celui des biotechnologies, qui sera détaillé dans le point suivant. Nous nous concentrons ici sur les étapes principales de l'institutionnalisation de la biologie moléculaire et son affirmation.

Strasser (2002) décrit les principales étapes de l'institutionnalisation de la biologie moléculaire de la façon suivante. La première unité académique qui lui est spécifiquement dédiée est créée au sein du département de physique de l'Université de Cambridge (USA) en 1947 : la MRC Unit for the Study of Molecular Structure of Biological Systems. En 1957, la division change son nom en MRC Unit for Molecular Biology. La première revue spécifique paraît en 1959, également aux Etats-Unis, sous le nom de *Journal of Molecular Biology*. Enfin, l'*European Molecular Biology Organisation* est fondée en 1963, la même année que l'Institut de biologie moléculaire à Genève, et l'*European Molecular Biology Laboratory* (EMBL) est créé en 1974. Le développement de la biologie moléculaire en Europe suit un chemin différent qu'aux Etats-Unis. « En effet, dans l'après-guerre, aussi bien les traditions académiques et les sources de financement que les contextes sociaux, politiques et économiques se différencient radicalement de part et d'autre de l'Atlantique. En particulier, deux des principaux facteurs invoqués pour expliquer l'essor des sciences aux Etats-Unis sont absents en Europe continentale : il s'agit de la reconversion des programmes de recherche menés pendant la guerre, et des alliances entre le gouvernement, les universités et l'industrie qui se sont instituées dans le cadre de ces recherches » (Strasser 2002 : 7). A partir de 1970 et jusqu'à nos jours, la biologie *fonctionnelle* et les techniques issues de la biologie moléculaire se sont transformées pour former de nouvelles disciplines et domaines de recherche. « Les biologistes moléculaires vont se lancer dans une fuite en avant, en visant un développement de leur discipline encore plus important que par le passé. Elle devient parfois une « Big science », comme l'*European Molecular Biology Laboratory* (EMBL) ou plus tard le *Human genome project*⁶⁶ (HGP) en témoignent. Sur le plan scientifique, les biologistes moléculaires commencent à développer les outils du génie génétique et à explorer les nouvelles perspectives de recherche que ceux-ci ouvrent » (Strasser 2002 : 9).

En intégrant une vision chimique du vivant, la biologie moléculaire acquiert un statut plus légitime et un prestige plus élevé que les autres domaines de la biologie. Si elle possède une certaine proximité avec la biochimie, dont nous avons parlé précédemment, elle s'en distingue par son rapprochement avec la génétique. Morange (2016 : 292) identifie deux raisons, distinctes mais liées, de la place de plus en plus dominante de la génétique parmi les sciences biologiques. La première est qu'elle apparaît à beaucoup comme la « physique » de la biologie, la seule branche de la biologie qui à la fois est expérimentale, a établi des lois, et analyse ses résultats grâce à des outils mathématiques. La seconde est que l'objet même de la génétique, le « gène », se révèle pour la biologie ce que l'atome est pour la physique. En d'autres termes, il constitue la base de cette nouvelle biologie et incarne sa légitimité. Ce rapprochement aura aussi pour conséquence le retrait, voire un abandon, de la génétique « pure » qui, en étant progressivement intégrée à la biologie moléculaire, perdra son statut autonome (Morange 2016 : 306).

A la fin des années 1990, le projet sur le génome humain favorisera le développement de la discipline de la *génomique* définie comme la science de l'identification et de la caractérisation des gènes et de leur arrangement chromosomique (Magner 2002 : 408). La possibilité de séquençage du génome humain renforce encore le mouvement de repositionnement de la biologie *fonctionnelle* dans l'espace des disciplines et particulièrement face aux disciplines de la biologie *historique*. Elle est d'autant plus légitimée que le discours du « tout génétique » est repris par les agents du champ académique mais

⁶⁶ Le « Human genome project (HGP) est un vaste projet international ayant permis le séquençage du génome humain (Magner 2002 : 404).

également par les acteurs politiques et économiques. C'est ainsi qu'aujourd'hui, le « réductionnisme » du vivant à ses propriétés physico-chimiques apparaît comme la solution centrale de la compréhension du vivant, la plus scientifique, la plus quantifiable et la plus rentable économiquement. Comme le montrait Fourcade (2002) à propos des sciences économiques, « l'histoire moderne de la discipline semble se confondre avec celle du raffinement des techniques, mathématiques et statistiques en particulier, et refléter le progrès inexorable d'une scientificité supérieure et décontextualisée, sans géographie ni temporalité propres ». Encore une fois, cette vision qui donne un rôle central à la biologie fonctionnelle a pour conséquence de réduire l'intérêt porté aux autres domaines de la biologie qui, pourtant, n'ont pas disparu des académies.

En résumé, on assiste dans la seconde partie du xx^e siècle à un renversement de la hiérarchie des disciplines au sein de la biologie, mais aussi entre la biologie et la chimie. Avant l'institutionnalisation de la biologie moléculaire, la biochimie était considérée comme une sous-discipline de la chimie et était souvent désignée sous le nom de chimie biologique (Gros 2003 : 55). Cette dernière, avec la microbiologie, jouissait d'un certain prestige toutefois inférieur à celui de la chimie et de la médecine. En biologie, la botanique et la zoologie traditionnelle occupaient largement la scène dans l'enseignement des sciences de la vie. La situation a ensuite changé, et l'on a « assisté au cours de ces quatre à cinq dernières décennies à un retournement complet du statut scientifique, technique, économique et philosophique autant que sociétal des sciences de la vie » (Gros 2003 : 55). Nous l'évoquons dans la partie introductive, cette transformation de la hiérarchie des disciplines n'est pas due uniquement à des logiques de différenciations et de rapprochements à l'intérieur de la sphère académique, mais est aussi le fait de facteurs extra-académiques. L'essor de la biologie moléculaire repose en effet aussi sur des stratégies des firmes privées qui ont des conséquences sur les activités scientifiques des biologistes et des chimistes dans les laboratoires à l'extérieur des universités. Dans une dernière partie, nous revenons sur l'enjeu de la transition de la synthèse chimique aux biotechnologies en lien avec le développement de l'industrie chimique et pharmaceutique.

2.3 De la synthèse chimique aux biotechnologies : le cas de la recherche orientée

La « Révolution du gène » a fortement influencé un déplacement de la stratégie des grandes firmes pharmaceutiques de leurs activités chimiques vers l'intégration de nouveaux procédés issus des sciences biologiques depuis les années 1970, qui correspondent à la période d'affirmation institutionnelle de la biologie moléculaire dans les universités. Dans cette partie, nous montrerons en quoi ce moment de rupture s'inscrit en fait dans la continuité d'un modèle de collaborations entre académie et industrie impliquant la chimie depuis bien plus longtemps. La chimie est caractérisée par cette dualité « fondamental / appliqué » depuis la fin du xviii^e siècle déjà (Bensaude-Vincent & Stengers 1993). Très tôt, la chimie prend un tournant « quantitatif » important, c'est-à-dire que la production de substances en grandes quantités devient un objectif pour les sciences chimiques qui intègrent des questionnements autour des proportions, des volumes et des mesures des poids déjà avant l'émergence des industries chimiques (Baudet 2017 : 139). Une partie des problématiques de la chimie est ainsi directement liée à la question de la production en masse de certaines substances permettant la création de produits commercialisables à large échelle. En pratique, l'industrie chimique et pharmaceutique porte un intérêt autant pour la recherche fondamentale (découverte de nouvelles molécules) que pour la recherche appliquée (comment les produire en masse). De plus, les firmes privées sont un endroit privilégié pour produire les substances chimiques car elles possèdent des ressources et des infrastructures bien plus importantes que les universités.

Jusqu'au début du xx^e siècle, les liens entre la chimie académique et la production industrielle n'étaient pas formalisés et le lien entre la recherche et le développement n'était pas encore consolidé ; c'était un domaine reposant sur de fragiles accords et des intérêts hétérogènes (Haller 2015 : 196). Les collaborations entre la recherche en chimie organique et le développement industriel se consolident dans la première moitié du xx^e siècle pour se renforcer, après la Seconde Guerre mondiale, sous le terme de « Recherche & Développement » avec la standardisation des procédures de production (Haller 2015 : 196). Les collaborations entre les chercheurs académiques et l'industrie chimique se poursuivront sans véritable remise en cause jusque dans les années 1970. Après la découverte du génie génétique, l'industrie chimique opère un recentrage sur les activités pharmaceutiques (Maupertuis 1999 : 46) tandis qu'au sein des institutions académiques, les sciences biologiques s'affirment au détriment de la chimie classique (Breiding 2013 : 298). Ainsi, derrière la stabilité apparente des liens entre la chimie et l'industrie durant la majeure partie du xx^e siècle, les grandes entreprises du secteur vont opérer un profond changement de stratégie, se décalant progressivement des connaissances issues de la chimie pour créer de nouvelles collaborations avec les biologistes, qui n'entretenaient jusqu'alors que peu de liens avec l'industrie (Strasser 2014 : 24). La *science du vivant* gagnera ainsi progressivement en importance, avec l'appui des nouvelles biotechnologies qui se développent en parallèle du renforcement des pôles Santé des groupes pharmaceutiques (Strasser 2014 : 16).

La biologie n'était cependant pas totalement absente des laboratoires des entreprises pharmaceutiques avant 1970. Au début du xx^e siècle, le régime de production jusqu'alors basé sur l'extraction chimique de substances naturelles des plantes et des animaux devient « synthétique », c'est-à-dire que les molécules sont directement « fabriquées » par les chimistes⁶⁷ (Bürgi & Strasser 2010). Ces produits de synthèse sont ensuite testés sur des animaux, des tissus ou des cellules, selon un procédé qui prendra plus tard le nom de *screening*. « Le cœur de ce *screening* première manière était la conjonction entre une vaste infrastructure chimique employant des dizaines de techniciens et de docteurs en charge de la synthèse à grande échelle de molécules organiques, et un laboratoire de pharmacologie où biologistes et pharmaciens multipliaient les tests sur un petit nombre de modèles animaux standards » (Gaudillière 2015)⁶⁸. Bien qu'il ne remplace pas complètement le modèle dans lequel les chimistes créaient eux-mêmes leurs produits de synthèse, ce nouveau régime de production est généralement associé à l'établissement de laboratoires de recherche au sein des entreprises, aussi appelés *in-house*, ainsi qu'à l'institutionnalisation des relations avec l'académie et l'expansion des firmes multinationales (Bürgi & Strasser 2010). Après 1945, la pharmacie devient un secteur industriel en prise sur un marché de masse, à forte intensité de R&D marquant une phase d'industrialisation de la recherche pharmaceutique (Gaudillière 2015 : 88).

Bien que la biologie soit en partie intégrée dans la recherche pharmaceutique dès la première moitié du xx^e siècle, c'est au début des années 1970 que les nouvelles technologies du génie génétique amorcent un véritable « tournant » donnant à la biologie une forte orientation pratique (Gros 1993 : 84). C'est à cette époque qu'est généralement située la naissance des biotechnologies, de même que l'apparition du terme « biomédical »⁶⁹. On assiste ainsi à ce que Gros considère comme un « changement de statut des sciences de la vie en tant qu'activité socio-économique », notamment dans le domaine médical et agricole. « Qu'elle soit biochimique, physiologique, physico-chimique ou

⁶⁷ La préparation de produits organiques et leur concentration en solution active se faisaient à partir de déchets d'abattoirs (Haller 2015 : 199). Voir aussi Gros (2003).

⁶⁸ « De même, les trajectoires d'autres firmes comme Schering, Merck ou Hoffmann-La Roche soulignent le caractère graduel et tardif, pas avant les années 1960, de l'introduction du *screening* » (Gaudillière 2015 : 98).

⁶⁹ « Comprendre les lois, le code de repliement des chaînes polypeptidiques représente bien davantage que satisfaire une curiosité académique : de très gros intérêts pratiques, voire commerciaux, s'y attachent, Les protéines ont, en effet, une valeur économique importante : elles entrent dans la composition de nombreux aliments et sont les représentants biochimiques naturels des enzymes, des anticorps. » (Gros 1993 : 65).

génétique, la biologie est donc *sous-jacente* à la médecine d'aujourd'hui [...] » (Gros 1993 : 90). Jusqu'au milieu des années 1980, les grandes firmes resteront cependant très prudentes face à ces nouvelles technologies. Breiding (2013 : 312) note à ce propos que « les chercheurs industriels de la vieille garde n'avaient pratiquement aucun contact avec les biologistes de la « jeune » génération provenant du milieu universitaire, et l'industrie pharmaceutique bâloise dut d'abord passer par un changement total de mentalité avant de pouvoir exploiter ce potentiel économique de la biotechnologie ». Durant cette période, ce sont les petites entreprises de biotechnologie qui occupent le devant de la scène et qui deviennent le foyer principal de la recherche en biotechnologie (Maupertuis 1999 : 53). La stratégie des grands groupes va ensuite consister à acquérir des compétences de biotechnologie en coopérant avec des start-up ou en en faisant l'acquisition, soit en incorporant de nouvelles compétences pour leurs laboratoires en établissant des collaborations avec la recherche académique (Bürgi & Strasser 2010 : 394).

A la même époque, l'industrie pharmaceutique connaît un large mouvement de concentration et « ce sont les grandes entreprises, plus que les petites et moyennes entreprises de haute technologie, qui commencent à concentrer la majorité des relations des académies avec l'industrie » (Barrier 2014 : 61). Le recentrement opéré par les grandes firmes sur leurs activités pharmaceutiques suit en général deux étapes. D'abord une scission de l'activité chimique, puis une prise de contrôle d'une entreprise spécialisée dans le domaine thérapeutique. En 1978, Genentech est la première entreprise privée à se dédier entièrement au domaine de l'ingénierie génétique. Elle sera supportée par Eli Lilly dans ses recherches pour trouver une alternative à l'insuline, tandis que sa principale rivale Chiron sera soutenue par Merck et Biogen par Schering. En 1990, Roche acquiert Genentech et Ciba-Geigy obtient le contrôle de Chiron en 1994 (Chandler 2005 : 261). C'est aussi ce schéma qui a été suivi par exemple par la firme Sandoz lorsqu'en 1996, elle crée Clariant, une entité spécialisée dans la chimie, puis fusionne avec Ciba-Geigy pour créer Novartis (Maupertuis 1999 : 46). Les firmes pharmaceutiques helvétiques occupent ainsi une place importante dans l'histoire de l'industrie chimique et des transformations liées à la « Révolution du gène ». Elles ont adopté ces nouvelles technologies relativement rapidement en comparaison par exemple des grandes firmes allemandes (Bayer et Hoechst) et ont, plus largement, joué un rôle déterminant dans la mise en place des infrastructures nécessaires à l'émergence de la révolution biotechnologique⁷⁰ (Chandler 2005 : 241). Au début des années 1990, la définition des biotechnologies s'élargit pour s'intégrer aux sciences de l'ingénieur. *En s'appuyant sur l'European Federation of Biotechnology*, Gugerli et al. (2010 : 348) la définissent comme « the integration of natural sciences and engineering science in order to achieve the application of organisms, cells, parts thereof, and molecular analogs for products and services ». L'importance accordée aux biotechnologies augmente encore à la toute fin du siècle avec l'essor de la génomique et du *Human Genome Project* (Hopkins et al. 2007, Leresche et al. 2012). Cependant, bien que les attentes soient grandes quant à la possibilité de créer et de commercialiser de nouveaux produits par le développement de nouvelles techniques, de nouvelles infrastructures et de nouvelles collaborations entre firmes privées, les résultats ne sont pas aussi immédiats qu'espéré et n'entraînent pas de gain de productivité, en tout cas sur le court terme (Hopkins et al. 2007). Finalement, c'est peut-être aussi pour cette raison que certains identifient un nouveau tournant des sciences de la vie à partir des années 1990 vers un retour à la recherche fondamentale (Bonneuil 2015).

⁷⁰ « Although the advances in molecular biology and the resulting genetic-engineering technology were developed primarily in the United States, by 1994 the two leading Swiss enterprises Novartis [...] and Roche Holding played a significant role in building the infrastructure of the emerging biotechnology revolution. Roche Holding, also located in Basel, has always ranked as Europe's leading pharmaceutical company. [...] Novartis, Ciba-Geigy and Sandoz differed from their German rivals by moving out of chemicals to focus on pharmaceuticals sooner than did Bayer and Hoechst » (Chandler 2005 : 241).

Dans cette partie, nous avons cherché à retracer les grandes lignes de l'histoire de la biologie et de la chimie, en montrant que le développement de leurs sous-disciplines pouvait se faire tantôt de manière différenciée (la chimie inorganique n'a pas de lien avec la biologie des écosystèmes), tantôt de manière parallèle. Cette hybridation de la biologie et de la chimie se retrouve particulièrement dans les domaines de la chimie du vivant et de la biologie moléculaire, l'intégration de la seconde à la première participant à renforcer la distinction entre deux biologies, la biologie I et la biologie II. De plus, ce sont les domaines de la chimie du vivant et de la biologie fonctionnelle qui sont susceptibles de fournir des résultats commercialisables en tant qu'applications industrielles. Dans le point suivant, nous nous concentrons sur le développement de ces applications et le tournant de la « Révolution du gène » qui verra un renversement entre les techniques chimiques (dominantes jusqu'à la fin des années 1970) et les techniques biologiques qui prendront leur essor par la suite. Ce passage de la synthèse chimique aux biotechnologies aura un impact décisif non seulement sur le développement des start-up de biotechnologies et des grandes firmes pharmaceutiques, mais aussi sur la hiérarchie des disciplines. La partie suivante sera dédiée à contextualiser leur développement contrasté dans le cas suisse, particulièrement illustratif des mouvements de différenciation et de convergence de ces disciplines.

3. La biologie et la chimie en Suisse, un développement contrasté

« S'il existait une liste des thèmes les plus impopulaires parmi les historiens suisses, l'histoire des sciences naturelles arriverait en toute première position. Dans de nombreux ouvrages à grand tirage sur l'histoire de la Suisse parus ces dernières années, on ne trouve quasiment aucune allusion à l'importance historique des sciences naturelles » (Kupper et al. 2015 : 274). Dans la postface de l'ouvrage collectif *Les naturalistes. A la découverte de la Suisse et du monde (1800-2015)*, Kupper et al. font remarquer le faible intérêt pour le cas suisse dans la littérature internationale, en argumentant que si la Suisse a accumulé au fil du temps un riche patrimoine de publications, de revues spécialisées et d'une quantité d'autres sources, elle n'a pas généré de tradition scientifique « véritablement autonome ou nationale au sens propre » (Kupper et al. 2015 : 277). La décentralisation du champ académique helvétique rend en effet assez difficile le travail de synthèse des développements de la biologie et de la chimie. Notre propos dans ce qui va suivre sera d'en exposer les événements les plus marquants en nous basant sur une littérature certes éparse, mais néanmoins relativement fournie, majoritairement d'études de cas.

Si une véritable histoire des sciences naturelles en Suisse reste encore à faire, il existe en effet de nombreuses contributions consacrées à la biologie et la chimie. On trouve d'abord des travaux monographiques portant sur des thématiques spécifiques. C'est le cas de Stettler (2002) sur l'histoire des sciences naturelles dans les universités suisses entre 1945 et 1975 autour du nouveau discours de légitimation de la « nouvelle » biologie, de Strasser (2006) sur l'émergence et l'institutionnalisation de la biologie moléculaire, de Straumann (2005) sur les liens entre entomologie, chimie et les politiques agricoles dans une perspective d'histoire industrielle (1874-1952) ou de Bürgi (2011) sur l'industrie pharmaceutique en Suisse et l'académisation de la recherche industrielle. Les travaux de Gugerli et al. (2010) sur l'histoire de l'EPFZ traitent également des liens entre l'académie et l'industrie ainsi que des évolutions de la biologie et de la chimie au sein de cette haute école technique. Nous pouvons aussi mentionner l'ouvrage collectif *Chemie in der Schweiz. Geschichte der Forschung und der Industrie* édité par Busset et al. (1997) qui aborde diverses thématiques en lien avec le développement de la chimie en Suisse, notamment les collaborations entre professeurs et firmes industrielles, l'influence du modèle allemand mettant en avant le rôle de la recherche dans le développement industriel au début du xx^e siècle, la transformation de la stratégie des entreprises du secteur chimique et pharmaceutique

qui commencent à se tourner vers l'intégration de centres de recherche et développement (R&D) au sein de leur propre structure à partir de 1920, puis le moment où elles commencent à s'intéresser à la biochimie et aux biotechnologies vers la fin des années 1970.

Au travers de leurs travaux, ces auteurs ont largement contribué à l'écriture de l'histoire des disciplines dans le cas suisse, mais aussi à isoler certains pans de cette histoire et à en mettre d'autres de côté. Pour tenter de contextualiser notre analyse des professeurs, ce chapitre est organisé autour de quatre thèmes. D'abord, le développement de la chimie à Bâle fournit un très bon aperçu de la construction des collaborations entre l'université et les élites locales, puis les firmes privées. Une deuxième partie sera consacrée au développement de la biologie moléculaire à Genève et Zurich comme les premiers lieux de l'ancrage institutionnel de la discipline. Une troisième traitera spécifiquement du tournant du génie génétique en Suisse et du mouvement d'académisation de l'industrie pharmaceutique. Nous traiterons enfin du développement des sciences de la vie et des transformations des universités dans la période récente pour terminer par une synthèse du cas suisse en relevant la problématique de la biologie évolutive et de la chimie inorganique et physique, grandes absentes de l'historiographie suisse.

3.1 Les premières chaires de chimie à Bâle et les liens avec l'élite locale

Les travaux consacrés à l'histoire de la chimie en Suisse portent un intérêt particulier au développement de l'industrie chimique bâloise. S'il ne faudrait pas surévaluer le caractère exclusif de la *Grossechemie* bâloise, au vu du grand nombre de sites de production dans la branche chimique-pharmaceutique appartenant à de petites et moyennes entreprises, et ce depuis longtemps (Simon 1997 : 37), c'est bien elle qui occupe la place la plus importante dans l'histoire de la chimie industrielle. Il est en effet difficile d'évoquer la chimie sans penser à Ciba-Geigy AG, F. Hoffmann-La Roche AG et Sandoz AG qui, bien qu'étant devenues des firmes d'envergure transnationale, ont toujours conservé leur siège à Bâle. Ce qui est surtout très intéressant avec le cas bâlois, c'est qu'il est un excellent exemple du développement de la chimie reposant sur deux axes parallèles : l'université en tant que lieu d'enseignement et les firmes privées comme lieux de la recherche appliquée et du développement des produits de la recherche (Tamm 1997 : 61).

Aux xvi^e et xvii^e siècles, la chimie et la physique relevaient du domaine de la médecine. Les premiers cours de chimie sont introduits à l'Université de Bâle en 1685 en la personne de Theodor Zwinger (1658-1724), un médecin né à Bâle (Tamm 1997 : 62, Steinke 2014). La première chaire de chimie est créée en 1820 en tant que chaire de physique et chimie. Elle est octroyée à Peter Merian (1795-1883), géologue et directeur du Musée d'histoire naturelle de Bâle, mais c'est plutôt à son successeur Christian Friedrich Schönbein (1799-1868) qu'est attribué le rôle de fondateur de la chimie universitaire moderne à Bâle (Simon 2010). En 1852, la chaire de physique et chimie sera scindée en deux (Simon 2010). En 1869, Jules Piccard (1849-1933), un Lausannois ayant effectué sa thèse en Allemagne, puis occupé la fonction de privat-docent à l'EPFZ, est nommé professeur ordinaire de chimie. Après la division de la faculté des sciences en deux « Abteilungen » en 1866⁷¹, les physiciens et les chimistes déménagent en 1874 dans un nouvel institut dédié spécifiquement aux sciences naturelles, le *Bernoullianum* (Simon 2010 : 9). Un laboratoire de recherche y est créé, réunissant vingt-cinq stagiaires dirigés par Jules Piccard, dont les intérêts scientifiques tournent autour de la chimie alimentaire et de la chimie des colorants, orientant ainsi ses recherches vers la chimie industrielle. Ce dernier aura participé non seulement au développement de ce laboratoire (le nombre de

⁷¹ La Philosophisch-Naturwissenschaften Fakultät est divisée en deux « Abteilungen », avec d'un côté la Philologisch-Historische Abteilung et, de l'autre, la Mathematisch-Naturwissenschaftliche Abteilung qui deviendra une faculté à part entière en 1937 (Simon 2010 : 13).

collaborateurs aura triplé au moment de sa retraite), mais surtout à l'établissement des premiers liens avec l'industrie chimique qui se développe dans la région de Bâle à partir de la moitié du XIX^e siècle.

Du côté des firmes privées, Ciba⁷² est fondée en 1859 par Alexander Clavel, puis reprise par Bindschedler & Busch en 1873 qui la transforment en société anonyme en 1884 et lui donnent le nom de *Gesellschaft für Chemische Industrie in Basel* (Degen 2003). *Kern & Sandoz* est fondée en 1875 et devient une société par action en 1895, *F. Hoffmann-La Roche & Co* est fondée en 1896, et Geigy, la plus ancienne des quatre firmes, devient une société anonyme en 1901⁷³ (Breiding 2013). L'expansion du secteur participe à créer des opportunités d'emplois pour les étudiants en chimie, qui sont nombreux à poursuivre une carrière dans l'industrie après leurs études et durant la fin du XIX^e siècle, le nombre d'étudiants et de membres du corps professoral augmente de manière significative à Bâle (Tamm 1997 : 68). Malgré ce développement de l'enseignement de la chimie de l'Université de Bâle, ce sont d'abord les diplômés de l'EPFZ qui occupent une place dominante dans le développement des industries bâloises. Ces liens s'appuient également sur la création de la Société suisse de chimie industrielle (fondée en 1882), renforçant davantage encore l'orientation du Département de chimie de l'EPFZ vers la chimie industrielle bâloise (Gugerli et al. 2010 : 86).

Finalement, c'est à partir de Rudolf Nietzki (1847-1917), un chimiste industriel allemand ayant travaillé pour la firme Matthes & Weber à Duisbourg avant d'effectuer sa thèse d'habilitation chez Jules Piccard et nommé professeur ordinaire à Bâle en 1895, que l'on peut véritablement parler d'« universitären Basler Chemietradition mit Industriebezug » (Simon 2010 : 42). Nietzki fait figure d'exemple d'importation du « modèle allemand ». Avant de terminer sa thèse d'habilitation à l'Université de Bâle et d'y être nommé successivement chargé de cours, professeur extraordinaire en 1888 puis professeur ordinaire 1895, il était venu à Bâle comme consultant pour la firme Geigy. Afin de favoriser la formation pratique des étudiants, il crée son propre laboratoire de recherche subventionné par le secteur public au sein d'une fabrique bâloise. Avec le poste de chimiste cantonal qu'occupe désormais Piccard en parallèle de son poste de professeur et les liens directs avec le secteur industriel entretenus par Nietzki, la chimie universitaire bâloise débute une longue tradition de coopération avec le secteur privé. La chimie devient une discipline importante à l'Université de Bâle, voire même la plus importante de la *Philosophische Fakultät*, notamment en termes de nombre de doctorats décernés (Simon 2010 : 43). Au tournant du siècle, les domaines principaux de la chimie sont répartis dans des chaires distinctes (Wirz-von Planta 2016 : 100, Tamm 1997 : 68). En 1903, la succession de Julius Piccard à la chaire de chimie appliquée est confiée à Hans Kreis, un ancien chimiste cantonal devenu chargé de cours à l'Université de Bâle. La même année, Hans Rupe-Hagenbach est nommé professeur extraordinaire de chimie organique et Friedrich Fichter-Bernoulli est nommé professeur extraordinaire de chimie minérale. En 1912, les deux sont nommés professeurs ordinaires de leurs chaires respectives et succèdent ainsi à Rudolf Nietzki. Bernoulli-Hartmann est nommé professeur extraordinaire de chimie physique la même année, puis professeur ordinaire en 1917. Durant Première Guerre mondiale, la revue *Helvetica Chimica Acta* est créée par Hans Rupe, professeur ordinaire de chimie organique à l'Université de Bâle. La revue officielle de la Société suisse de chimie, *Chimia*, est créée en 1947.

La monographie de l'Université de Bâle relève que cette période de réorientation des recherches en chimie au sein de l'institution précède la mise en place de collaborations avec l'industrie et aura rendu la direction de l'Institut de chimie particulièrement attentive à garantir un lien continu avec la bourgeoisie et l'industrie bâloise tout en évitant de compromettre son caractère académique (Bonjour

⁷² Il s'agit du nom officiel de la firme depuis 1945.

⁷³ « C'est à partir du traitement des bois de teinture que la droguerie ouverte par Johann Rudolf Gemuseus en 1758 en vint à la production de colorants à base d'aniline en 1859. Johann Rudolf G.-Merian céda cette activité à Johann Jakob Müller-Pack en 1860, mais la lui reprit en 1865 à la suite d'un scandale environnemental » (Degen 2006).

1960 : 465). Durant le XIX^e siècle, la bourgeoisie bâloise entretient des liens d'intérêts étroits avec l'académie, notamment par l'intermédiaire de la Société bâloise des sciences naturelles, fondée en 1817 et qui sert de lieu de sociabilité privilégié des professeurs et des élites (Simon 2010 : 10). Lorsque les professeurs de l'université ne font pas eux-mêmes partie de l'élite locale mais proviennent par exemple d'universités d'Allemagne, ils se retrouvent fortement incités à rejoindre la société. Ils peuvent également bénéficier du patronage direct des membres de l'élite bourgeoise, notamment sous la forme de contributions salariales. Ce qu'illustre bien le cas de Bâle en particulier, c'est que les professeurs ne bénéficient pas seulement d'avantages financiers au travers des liens qu'ils entretiennent avec les élites locales, mais que ces dernières détiennent également des chaires professorales. Ainsi, les professeurs issus des familles bourgeoises locales participent directement au financement des activités de l'Université au travers de dons, de legs ou de fondations. L'intérêt pour le potentiel des sciences naturelles se double d'une reconnaissance certaine des positions de professeurs au sein de la société bâloise, la carrière académique apparaissant aux élites comme une alternative satisfaisante aux carrières dans les secteurs bancaires ou industriels, permettant une circulation du capital économique au travers du capital symbolique (Simon 2010 : 18).

3.2 Des débuts des financements de la recherche par l'industrie à l'essor des biotechnologies

Nous l'avons vu précédemment, la chimie des colorants, puis la chimie pharmaceutique, deviennent progressivement les principaux domaines appliqués de la chimie organique, auxquels seront rattachés plusieurs Prix Nobel dont Paul Karrer en 1937 (Zurich), Leopold Ruzicka en 1939 (EPFZ) et Tadeusz Reichstein en 1950 (Bâle)⁷⁴. Jusque dans les années 1970, la chimie entretient des liens privilégiés avec le secteur privé. Nous l'avons déjà évoqué, ces liens peuvent prendre la forme de financements de la recherche ou des infrastructures académiques comme des laboratoires par des élites privées ou la forme d'un patronage, surtout entre la fin du XIX^e et le début du XX^e siècle. Les firmes privées commencent également à financer des recherches au sein même de leurs structures, en fournissant notamment les infrastructures pour le traitement des opérations nécessaires pour la synthèse chimique à large échelle. L'intérêt du secteur privé dans les collaborations avec l'académie suit le mouvement de diversification du secteur vers les produits pharmaceutiques et s'oriente donc vers le domaine de la chimie organique. L'industrie de la chimie étant à même de fournir les moyens de production en masse des composants chimiques et de mettre en œuvre des procédés de synthèse à grande échelle, de nombreuses collaborations vont voir le jour dans le domaine de la chimie pharmaceutique, l'intérêt des entreprises résidant dans l'exploitation des découvertes des chimistes sous forme de produits commercialisables ainsi que dans la protection de ces procédés sous forme de brevets (Simon 2010, Tanner 1998).

Jusqu'en 1907, la loi suisse sur les brevets ne protège pas les procédés chimiques, ce qui permettait aux entreprises suisses d'innover en imitant librement les recherches des entreprises étrangères du marché (Bürgi & Strasser 2010 : 400). La révision de la loi permettant aux entreprises du secteur

⁷⁴ Nous mentionnons les sept Prix Nobel de chimie en introduction, auxquels viennent se rajouter six Prix Nobel de physiologie et de médecine également décernés à des professeurs de nationalité suisse ou ayant exercé en Suisse : Emil Kocher en 1909 qui a été professeur à l'Université de Berne, Paul H. Müller en 1948, chimiste chez Geigy et premier lauréat du Prix Nobel n'était ni biologiste ni médecin, Walter R. Hess en 1949 qui a été professeur de physiologie à l'Université de Zurich (1917-1951), Tadeusz Reichstein en 1950 qui a été professeur extraordinaire de chimie organique à l'EPFZ (1937-1938) puis professeur ordinaire de chimie organique à l'Université de Bâle (1938-1957), Werner Arber en 1978 qui a été professeur extraordinaire de biologie à l'Université de Genève (1956-1970) puis professeur ordinaire de génétique moléculaire à l'Université de Bâle (1971-1996) et Rolf M. Zinkernagel en 1996, professeur ordinaire de pathologie et immunologie expérimentale à l'Université de Zurich de 1988 à 2008. Source : Base « Elites suisses ».

pharmaceutique de déposer un nombre très élevé de brevets a un impact important en favorisant les entreprises suisses face aux entreprises étrangères et notamment allemandes. Comme le note Tanner (1998), les entreprises suisses développent une stratégie offensive de dépôt de brevets qu'il nomme la « Swiss inventors' industry ». De plus, avec la possibilité pour les entreprises de valoriser leurs recherches, la propriété intellectuelle participe à transformer le rapport qu'elles entretiennent avec les institutions académiques. Si les entreprises privées reçoivent un large support scientifique de la part des académies, la création de laboratoires et de départements scientifiques à l'interne inaugure une période de relatif isolement avec les réseaux de la recherche académique⁷⁵ (Tanner 1998 : 267).

Le succès de l'industrie bâloise au début du xx^e siècle ne peut se comprendre qu'en prenant en compte le rôle joué par le modèle allemand qui, contrairement à ses concurrents français et anglais, a mis très tôt en avant le rôle de la recherche dans le développement industriel, notamment par le partage des résultats de recherche entre industrie et université (Straumann 1997). A partir de 1920, ce sont exclusivement des membres suisses du corps académique qui, orientant davantage la recherche académique vers la chimie organique industrielle, vont également permettre le développement de laboratoires au sein des entreprises bâloises (Gugerli et al. 2010 : 86, Bürgi 2011). Au début du xx^e siècle, les entreprises de la chimie sont ainsi fortement liées aux universités et notamment à l'Université de Bâle et à l'EPFZ, qui proposait une large échelle de recherches étroitement liées aux objectifs industriels⁷⁶ (Gugerli et al. 2010 : 85). Le développement par les entreprises privées de collaborations directement avec des professeurs d'université, à l'image de Roche avec Paul Karrer, Léopold Ruzicka et Tadeusz Reichstein, constitue une première étape de ces rapprochements.

Au début du xx^e siècle, les principales firmes bâloises engagent donc des collaborations avec des professeurs. La firme Sandoz crée dès 1917 une division de recherche en pharmacologie, la « Pharmazeutischen Forschungsabteilung », dont la direction est confiée à Arthur Stoll, professeur à Munich puis directeur dans la firme, membre et délégué du conseil d'administration (1933-1963), et enfin président de la direction (1949-1956) et du conseil d'administration (1964-1967). A la fin des années 1930, une division de recherche en agrochimie est également ouverte. Dans la même période, Ciba commence à travailler sur les hormones sexuelles avec Leopold Ruzicka, professeur à l'Ecole polytechnique de Zurich, puis avec Tadeusz Reichstein dans le domaine des corticostéroïdes. Geigy se lance dans les insecticides en finançant les recherches de Paul H. Müller sur les effets du DDT⁷⁷. Enfin, la production et la commercialisation des vitamines de synthèse par Hoffmann-La Roche ont été rendues possibles par les travaux de Tadeusz Reichstein sur la synthèse de la vitamine C (1933) et d'Otto Isler sur les vitamines E (1938), K1 (1939) et A (1946). Reichstein a en effet breveté et vendu son procédé à la firme qui la commercialise dès 1934 sous la marque *Rexodon*. Otto Isler, après avoir obtenu son doctorat sous la direction de Leopold Ruzicka en 1935 et effectué un séjour à l'Université Rockefeller aux USA, est engagé chez Hoffmann-La Roche en 1936 pour y mener ses recherches et devenir directeur de la division de recherche en chimie en 1954, puis membre du conseil d'administration en 1973. Comme Paul H. Müller, il n'a jamais occupé de fonction de professeur dans

⁷⁵ Les travaux de recherche des chimistes de Roche commencent d'ailleurs à être publiés dans des revues scientifiques internationales (Bürgi & Strasser 2010 : 403).

⁷⁶ « As the scope of their research activities widened, so too did the appeal of the technical universities as collaborating partners for industry. The first contacts between industry and the polytechnic occurred shortly after its founding, and in those early days, primarily at the initiative of the latter. On the one hand, supplying industry with trained engineers legitimized the existence of the school. On the other hand, the links had practical advantages. The dye industry provided laboratory chemicals at low cost, and "real" machines could be studied in industrial engineering factories » (Gugerli et al. 2010 : 84-85).

⁷⁷ Paul H. Müller n'a jamais été professeur. Il a obtenu un doctorat à l'Université de Bâle en 1925 sous la supervision des professeurs Friedrich Fichter-Bernoulli et Hans Rupe. Avant de reprendre ses études, il a travaillé comme assistant de laboratoire chez Dreyfus and Company, puis chez Lonza A.G. comme assistant chimiste. Après son doctorat, il est engagé chez Geigy et en deviendra le directeur de la recherche scientifique sur les substances de protection des plantes en 1945. Source : nobelprize.org.

une université. Avant la découverte du procédé de synthétisation de la vitamine A, c'est Paul Karrer⁷⁸, professeur à l'Université de Zurich, qui l'a isolée en 1931. C'est également avec ce dernier que Otto Isler a mené ses recherches sur la vitamine E (Wirz von Planta 2016, Simon 2010).

Encadré 3.1 Un exemple de conflit entre firmes privées

Le financement de recherches par les entreprises privées ne se fait pas sans conflit. Haller (2015) en montre un exemple opposant Tadeusz Reichstein et Leopold Ruzicka et les firmes qui ont financé leurs travaux. En 1936, Reichstein, un chimiste polonais travaillant à l'Université de Zurich, puis professeur à l'Université de Bâle et qui recevra le Prix Nobel de physiologie et de médecine en 1950, entre en conflit avec Leopold Ruzicka (Prix Nobel de chimie en 1939), alors directeur de l'Institut de chimie organique de l'EPFZ où travaille Reichstein. Les recherches de Reichstein étaient en grande partie financées par l'entreprise pharmaceutique hollandaise Organon, spécialisée dans la fabrication d'organes, et qui lui fournissait le matériel nécessaire à ses recherches, ainsi que par l'industriel et financier Gottlieb Lüscher, propriétaire de l'entreprise de fabrication alimentaire Haco SA. De son côté, Leopold Ruzicka avait signé un contrat avec Ciba qui garantissait à l'entreprise bâloise, en contrepartie d'un important soutien financier à l'Institut de chimie organique de l'EPFZ, l'exclusivité de l'utilisation des résultats de ses recherches. La découverte par Reichstein de nouvelles substances potentiellement synthétisables chimiquement, donc commercialisables, débouche sur un conflit avec Ruzicka. Il existait en effet un risque sérieux que les connaissances sur les processus de synthèse des hormones de Reichstein aillent directement à l'entreprise Organon, concurrente de Ciba. Des négociations entre Organon et Ciba s'engagent fin 1936 et, en mai 1937, un accord est trouvé (Ciba devient bénéficiaire des découvertes de Reichstein et Organon propriétaire des brevets avec une participation de 6% au chiffre d'affaires de tous les produits contenant des substances découvertes par Reichstein).

Le financement de la recherche par le secteur privé va progressivement prendre une nouvelle forme et certaines firmes industrielles vont créer et financer leurs propres laboratoires, ou financer des centres de recherche au sein des institutions académiques. C'est le cas du Swiss Tropical and Public Health Institute (TPH) créé en 1943 sur l'initiative du professeur Rudolf Geigy et financé par la fondation Geigy et, plus tard, du Friedrich Miescher Institute for Biomedical Research (FMI), créé en 1970, financé d'abord par Ciba-Geigy et qui fera ensuite partie intégrante de la Novartis Research Foundation. Si tous deux sont clairement financés en partenariat public/privé, ils restent institutionnellement rattachés à l'Université de Bâle et sont à différencier des laboratoires *in-house* développés dans la seconde moitié du xx^e siècle par les firmes privées. Au départ, les emplois créés par l'industrie ont participé à augmenter de manière importante le nombre d'étudiants en chimie à l'université et les contacts scientifiques se développent entre l'académie et les firmes industrielles dans le domaine de la chimie organique. Les collaborations entre académie et industrie dans le domaine de la chimie vont s'étendre jusqu'à créer une forme d'interdépendance qui ne sera véritablement problématisée en tant que conflit qu'à partir des années 1970 (Tamm 1997 : 73).

Jusqu'alors, la chimie demeure l'interlocuteur principal des relations science-industrie, mais cette situation va commencer à changer, notamment suite à des événements politiques. Les années 1960 voient apparaître un certain nombre de débats publics autour des effets secondaires et des addictions dues aux produits pharmaceutiques. Aux USA notamment, cette mise à l'agenda de problèmes publics débouche sur l'adoption par le Congrès en 1962 des *Kefauver-Harris Drug Amendments* renforçant considérablement le contrôle sur les essais cliniques. En pratique, cela signifie pour les entreprises suisses l'impossibilité de commercialiser leurs produits sur le sol américain à moins de modifier leur régime de production et de développer considérablement leurs capacités d'essais cliniques. De nombreux autres pays commencent également à exiger des entreprises qu'elles fournissent des

⁷⁸ Un prix a été créé par les firmes Ciba, J.R. Geigy, F. Hoffmann-La Roche, Sandoz, Nestlé et Wander en 1959 en l'honneur de Paul Karrer. La Médaille d'or Paul Karrer est décernée annuellement ou bisannuellement par l'Université de Zurich à un chercheur dans le domaine de la chimie.

informations détaillées sur les tests effectués, informations impossibles à obtenir par la synthèse chimique et le *screening* à eux seuls.

Encadré 3.2 Le DDT comme exemple des enjeux politiques et économiques des sciences naturelles

Il est intéressant de remarquer que l'attribution des Prix Nobel est généralement en lien avec des recherches liées à des performances industrielles (Busset et al. 1997 : 11). Un cas qui fait école est celui de Paul H. Müller, qui reçoit le prix Nobel de physiologie et de médecine en 1948 pour la découverte des propriétés insecticides du *dichlorodiphényltrichloroéthane* (DDT). Reconnu par les Nations Unies comme un produit ayant le « pouvoir de transformer le monde » et notamment utilisé dans le cadre d'une campagne mondiale pour l'éradication de la malaria, le DDT devient l'un des produits phares de la firme Geigy entre 1950 et 1970. Suite à une dénonciation des effets destructeurs du produit sur la faune et la flore, le DDT est interdit aux Etats-Unis puis dans de nombreux autres pays à partir de 1972 (Breiding 2013 : 306).

Les controverses autour du DDT sont un parfait exemple de l'impact des luttes menées par des acteurs de différentes sphères (académique, industrielle et politique) et disciplines (biologie et chimie) pour la définition des disciplines. En 1939, Paul H. Müller, chimiste chez Geigy, découvre que le DDT peut servir comme insecticide bon marché et efficace, et le produit est lancé sur le marché par l'entreprise Geigy en 1942. Avec le début de la guerre, les grosses firmes de l'industrie chimique telles que Sandoz, Geigy et Ciba entrent sur le marché des pesticides, jusque-là occupé par des entreprises de moindre envergure⁷⁹ (Straumann 2005). Dès la création de la première chaire en entomologie appliquée à l'EPFZ en 1928 (Otto Schneider-Orelli), les biologistes des universités possèdent des liens avec les acteurs politiques et économiques qui se concentrent sur la question de la modernisation de l'économie agricole. Le débat sur l'impact des pesticides sur l'environnement occupait déjà la sphère politique depuis l'épidémie de phylloxera de 1874, un insecte nuisible qui préoccupait les autorités politiques (Straumann 2005). A la suite du succès de l'action chimique ayant permis l'éradication du problème, une coalition s'est formée comprenant des acteurs des milieux économiques et politiques ainsi que des biologistes plaidant pour la libéralisation de l'utilisation de l'arsenic, s'opposant aux acteurs de la protection de la nature et aux conséquences toxicologiques et environnementales. Ce n'est qu'à partir des années 1950 que les biologistes (entomologistes) des instituts de recherche commencent à chercher des alternatives aux produits chimiques, la découverte de la résistance de certains insectes au DDT tendant même à renforcer la collaboration entre chimistes et biologistes (Simon 1997).

Le DDT devient l'un des symboles des produits agricoles de toute une catégorie de produits agrochimiques potentiellement nocifs pour l'environnement (Breiding 2013 : 306) qui participeront au déclassement de la chimie au profit de la biologie. D'autres événements comme la catastrophe de Tchernobyl en 1986 et l'incendie qui détruisit le site de la Schweizerhalle (Sandoz) la même année ont également participé à la construction d'un discours autour de la menace constante des « Nobel Prize-winning Division IV », la division de chimie de l'EPFZ et le renforcement du développement de la division de biologie vers les « sciences environnementales » (Gugerli et al. 2010 : 345). Il est intéressant de noter que ce processus de *screening* de l'institution se fait par l'intégration des chimistes au sein de la division de biologie, parmi les autres disciplines des sciences de la vie, et non pas par le développement des sciences biologiques telles que l'écologie et l'environnement. Ainsi, le discours définissant la biologie moléculaire comme un assemblage interdisciplinaire indistinct comme le faisait encore le Conseil suisse de la science dans les années 1970⁸⁰ ne renvoie pas à autre chose qu'à la reconnaissance de la colonisation de la biologie par les sciences exactes (Gugerli et al. 2010 : 346).

Ce qui est intéressant, c'est que la biologie a beaucoup moins souffert de l'impact des recherches sur l'environnement, alors que, nous l'avons montré, les biologistes étaient également partie prenante de ces recherches et s'opposaient même parfois aux acteurs environnementaux. Le développement de la biologie moléculaire et, plus largement, le renforcement de la biologie fonctionnelle au détriment de la biologie

⁷⁹ Straumann (2005 : 314) considère la firme chimique Dr. R. Maag comme la première entreprise suisse réellement spécialisée dans le domaine des pesticides.

⁸⁰ Molecular biology "As a result of the interdisciplinary nature of research goals, bioorganic chemistry, molecular biology, biochemistry and biophysics, microbiology, and biology form a barely distinguishable complex," observed the Swiss Science Council with bemusement in a research report from 1973 (Gugerli et al. 2010 : 346).

historique ont une conséquence majeure. Alors que la biologie historique est depuis très longtemps plus proche de la pratique de terrain et traite des enjeux environnementaux et sociaux, c'est le discours plus « scientifique » – proche des sciences exactes – de la « nouvelle » biologie qui sera repris par les milieux politique, économique et institutionnel. Si bien que dès sa création, le Fonds national suisse financera très largement la recherche en biologie fonctionnelle.

La solution adoptée par les entreprises suisses pour développer leur recherche fondamentale passe par le recrutement de biologistes membres du corps académique et le renouvellement des collaborations avec les universités. Dans un mouvement que l'on pourrait qualifier d'« académisation des entreprises », ces dernières réorientent leurs laboratoires et départements de recherche vers une organisation plus « académique », soit en rendant les conditions de travail similaires à celles de la recherche à l'université, dans le but de recruter ces biologistes peu habitués aux conditions de travail en entreprise (Bürgi 2011). Ce type de recrutement était pratiqué par d'autres entreprises depuis l'entre-deux-guerres déjà, comme c'est le cas pour Merck ou Du Pont aux USA. En Suisse, contrairement au cas américain où les biologistes « modernes » étaient déjà fortement tournés vers les secteurs industriels, la division entre académie et industrie dans le domaine de la biologie reste très importante jusque dans les années 1970.

3.3 L'institutionnalisation de la biologie moléculaire entre Genève et Zurich

La Suisse est l'un des premiers pays à voir la biologie moléculaire s'institutionnaliser après les Etats-Unis et les deux premières chaires de la discipline ont été créées aux Universités de Genève et de Zurich. Dans un article consacré à l'émergence de la discipline, Strasser (2002) montre bien dans quelle mesure ce qui deviendra la biologie moléculaire dans les années 1960 est d'abord le produit de négociations avec les disciplines traditionnelles qui se disputent l'autorité et la définition de la discipline. « Il est d'autant plus intéressant de comprendre ces réactions que non seulement les disciplines existantes sont les garantes du pouvoir d'accorder la reconnaissance institutionnelle à une nouvelle discipline, mais encore que, ce faisant, elles en définissent aussi les contours » (Strasser 2002 : 36).

Vers la fin des années 1930, de nouveaux discours émergent dans des disciplines diverses comme la biophysique, la chimie physique, la biochimie et la microbiologie. D'abord appelé biophysique, aux frontières de la biologie, de la physique et de la médecine, cet ensemble se transforme et se redéfinit pour se voir accorder, vers 1960, le statut d'une discipline autonome. Ce processus d'autonomisation suit trois phases : une phase d'émergence et de développement progressif d'un réseau international (1945-1960), suivie d'une phase d'institutionnalisation et d'une phase de transformation de la discipline au niveau scientifique et institutionnel vers le génie génétique. Durant la phase d'émergence, une lutte autour des critères de définition d'une nouvelle discipline réunit biologistes, chimistes, médecins et physiciens qui se disputent le prestige scientifique et l'autorité symbolique conférée notamment par l'emploi du microscope électronique, un nouvel outil utilisé dans le domaine de la biophysique. A Genève, l'émergence de la biologie moléculaire commence autour de quelques acteurs réunis au sein du « groupe de biophysique » fondé en 1953 par Jean Weigle, un physicien suisse émigré aux Etats-Unis ayant contribué à la formation de la biologie moléculaire au California Institute of Technology de Pasadena, figurant dans l'après-guerre comme l'un des centres de recherche les plus réputés du monde. Le groupe comprend également Edouard Kellenberger, Janine Séchaud, Antoinette Ryter et Werner Arber, à qui l'on attribuera le Prix Nobel de physiologie et de médecine en 1978 pour sa contribution à la découverte de l'ADN recombinant. Les activités de ce groupe sont définies comme s'inscrivant dans le domaine de la biophysique. Un Institut de biophysique est créé en 1958, puis un

Institut de biologie moléculaire en 1963. Il s'agit du premier en Suisse, précédant de peu celui de Zurich (1967) et la création du *Biozentrum* à l'Université de Bâle en 1971 que nous présenterons ci-après.

Le groupe de biophysique est fortement différencié des biologistes, alors essentiellement portés sur la zoologie, la botanique et l'anthropologie (Strasser 2002 : 18). De plus, il est largement financé par des fonds externes à l'Université de Genève provenant notamment des industries Trüb, Täuber & Co, de Hoffmann-La Roche et du Fonds national suisse de la recherche scientifique (Strasser 2002 : 18). Les biologistes sont donc relativement peu impliqués dans les nouvelles pratiques de recherche proposées par le groupe et « plusieurs membres du groupe de biophysique estiment que les professeurs de biologie ne comprenaient pas grand-chose à la biologie moléculaire » en général, et « rien à la génétique microbienne en particulier ». Dans l'autre sens, « pour les biologistes, nous étions des physiciens qui ne comprenaient rien à la biologie puisque nous ne connaissions ni le nom des plantes, ni des bêtes. Nous étions quelque chose d'étrange » (Strasser 2002 : 37). Les biochimistes sont un peu plus mitigés. Ils proposent d'appeler le laboratoire « Laboratoire de biochimie *génétique* » pour bien marquer la différence avec leur propre discipline⁸¹. De leur côté, les physiciens « montrent nettement moins d'intérêt pour le groupe de biophysique que les biologistes, même s'ils considèrent les chercheurs en biophysique comme leurs pairs, ce qu'ils sont effectivement, puisqu'ils sont presque tous physiciens de formation » (Strasser 2002 : 38). Enfin, les médecins y sont globalement très fortement favorables au début. Vers la fin des années 1960 cependant, soit après que la biologie moléculaire eut acquis un statut institutionnel au sein de la faculté des sciences, l'attitude des médecins comme des biologistes et des biochimistes devient beaucoup moins favorable et même parfois hostile. « Son importance institutionnelle, les privilèges dont elle aurait bénéficié dans son développement, son arrogance, sont autant de raisons invoquées pour justifier cette opposition » (Strasser 2002 : 38). C'est ainsi en 1963 qu'est créée la première chaire de biologie moléculaire à Genève, qui sera confiée au biochimiste et médecin suisse Alfred Tissières. Avec Kellenberger, qui est nommé professeur extraordinaire de biophysique en 1958, puis professeur ordinaire en 1961, il est le premier professeur d'un institut de biologie moléculaire en Suisse⁸² (Strasser 2006).

Le cas de Genève montre bien de quelle façon les enjeux de définition autour de la biologie moléculaire sont d'abord des luttes portées par certains agents du champ scientifique, et pas uniquement une conséquence mécanique de la découverte de la double hélice de l'ADN. Comme le montre Gaudillière (1990), la définition actuelle de la biologie moléculaire est basée sur une vision *a posteriori* des programmes de recherche et passe parfois sous silence les luttes qui en ont été la base. La tendance de la biologie moléculaire à irriguer les autres domaines de la biologie dans une « perspective d'annexion et de substitution » des autres disciplines peut faire oublier qu'elle a été « créée » par le développement de collaborations entre des chercheurs de spécialisations différentes (Gaudillière 1990).

A l'Université de Zurich, le passage vers la biologie moléculaire se fait par le biais de l'Institut de chimie organique et non pas au sein du département de biologie (Bürgi 2005 : 129). Le premier professeur de biologie moléculaire à Zurich, Robert Schwyzer, est un chimiste. Nommé en 1963 à l'EPFZ sur décision du Conseil des Ecoles polytechniques présidé par Hans Pallmann⁸³, il est habilité en chimie organique en 1951 puis travaille pendant dix ans dans la division de recherche en chimie chez Ciba, d'abord

⁸¹ Ce qui différencie la biochimie de la biologie moléculaire est justement l'usage de la génétique.

⁸² Tissières a d'abord obtenu un doctorat en médecine de l'Université de Lausanne en 1946, puis un second doctorat en biochimie à l'Université de Cambridge en 1961. Il a ensuite occupé des fonctions de chercheur au California Institute of Technology à Pasadena (1951-1952), à l'Université de Cambridge (1952-1957), à Harvard (1957-1961) et, enfin, à l'Institut Pasteur à Paris (1961-1963), avant sa nomination à Genève (1963-1988).

⁸³ Hans Pallmann a été professeur de chimie industrielle en agronomie à l'EPFZ (1936-1965), président du CEPF de 1949 à 1965, membre de la Commission pour la technologie et l'innovation (CTI) de 1949 à 1967 et membre du FNS de 1952-1965.

comme chef de groupe de recherche (1951-1959), puis comme vice-directeur de la firme de 1960 à 1963 (Bürgi 2005 : 128). Contrairement au cas de Genève et de Cambridge pour lesquels l'émergence de la biologie moléculaire repose sur une négociation entre les représentants de différentes disciplines, la création de la première chaire de biologie moléculaire ne résulte pas d'un tel processus. Durant son activité chez Ciba, Schwyzer avait déjà pu mener des recherches sur la structure chimique des molécules et leurs effets biologiques, sans pour autant qu'elles soient labellisées sous le terme de biochimie ou de biologie moléculaire. A cette époque, la firme ne soutenait pas encore activement ce type de recherche orientée vers la biologie (Bürgi 2005 : 129). Lorsque Schwyzer est nommé professeur ordinaire de biologie moléculaire en 1963, il importe l'expérience acquise chez Ciba et clôt un débat disciplinaire autour de la création d'une chaire de biologie moléculaire. Comme à Genève, les représentants des différentes sous-disciplines tentent de s'octroyer la légitimité potentiellement amenée par la biologie moléculaire et les seuls qui semblent émettre des critiques sont les biologistes (Bürgi 2005 : 132). Finalement, c'est au travers d'un chimiste organique que s'installe la « biologisation » des sciences techniques et de la chimie. Vu sous cet angle, la biologie moléculaire n'est pas issue d'enjeux liés au champ des sciences biologiques, mais bien à ceux des chimistes. « Consequently, biology became omnipresent, occasionally to the chagrin of biologists, whose genuine interest in questions of development and reproduction was not shared by everybody keen to exploit biological knowledge » (Gugerli et al. 2010 : 347).

Comparé aux Universités de Genève et de Zurich, ce n'est qu'assez tardivement, en 1971, que l'Université de Bâle renforce la biochimie, la chimie biophysique, la biologie moléculaire et la biologie cellulaire avec l'ouverture du *Biozentrum*, un nouveau département de la Faculté des sciences dédié spécifiquement à la recherche dans le domaine de la biologie fonctionnelle. Ce dernier a été créé avec la participation de Kellenberger qui y est nommé professeur ordinaire de microbiologie en 1971 et y reste jusqu'en 1990⁸⁴. A partir de ce moment, les orientations du cursus en biologie sont officiellement séparées entre la biologie I et la biologie II (Wirz-von Planta 2016 : 104) et seul l'enseignement de cette dernière prend place dans les locaux du *Biozentrum*. Bien que la recherche et l'enseignement en biologie I ne se limitent pas à la simple morphologie, le *Biozentrum* bénéficie dès son ouverture d'un financement et de capacités de recherche nettement plus élevés (Wirz-von Planta 2016 : 106). Les collaborations avec le *Basler Institute for Immunology* (BII) financé par Roche renforcent encore ce pôle de recherche fondamentale en biologie fonctionnelle naissant à Bâle aux côtés du *Biozentrum* et du FMI.

La plupart des études menées sur l'évolution de la biologie moléculaire jusque dans les années 1970 la considèrent comme un phénomène intra-académique (Bürgi 2005 : 126). Cependant, le cas suisse témoigne du rôle de l'industrie pharmaceutique et des politiques scientifiques dans son développement entre 1950 et 1960, soit une « phase » précédant la découverte des technologies de l'ADN recombinant (Bürgi 2005 : 126-127). A l'Université de Genève, le groupe de biophysique est un cas de financement par le secteur privé. A l'EPFZ, le lien est créé directement par l'engagement d'un chercheur industriel au poste de professeur. A Bâle, il s'opère par la mise en place de collaborations entre le *Biozentrum*, le BII et le FMI. Encore une fois, la Suisse est un très bon exemple de l'importance des collaborations entre industrie et académie, des liens qui existent déjà bien avant la révolution biotechnologique et qui ont des conséquences directement sur la sphère académique (Bürgi & Strasser 2010).

⁸⁴ Kellenberger aura ainsi été à la base de la création de l'Institut de biologie moléculaire à Genève, du *Biozentrum* de Bâle et de l'Organisation européenne de biologie moléculaire en 1964 dont il sera membre du conseil de 1968 à 1973. Il aura également été le *Doktorvater* des deux Prix Nobel Werner Arber (1978) et Jacques Dubochet (2017).

3.4 L'ère des sciences de la vie : réformer la science ?

La dernière phase de l'expansion de la biologie moléculaire concerne, à la fin des années 1990, l'essor des *sciences de la vie*. Ce nouveau tournant vient à nouveau perturber le paysage académique suisse, un peu à l'image de la biologie moléculaire au début des années 1960. Un changement s'opère par des reconfigurations institutionnelles au sein des universités, par exemple avec la création de *Life science Zurich* en 2002 et d'une faculté dédiée aux sciences de la vie à l'EPFL en 2004, mais aussi par la création de nouvelles plateformes et de réseaux de collaborations scientifiques, à l'image du *Centre intégratif de génomique* (CIG) entre Lausanne et Genève en 2005 et du réseau *SystemsX* en 2008 que nous présenterons plus loin. De manière générale, la biologie opère à ce moment un nouveau repositionnement dans l'espace académique. Le développement d'infrastructures liées à la *génomique* devient un objet de régulation politique avec des attentes liées aux enjeux de santé (Leresche et al. 2012). Comme dans le cas de l'émergence et de la consolidation de la biologie moléculaire, les chemins diffèrent selon leur ancrage institutionnel.

La création de la plateforme Life Science Zurich, qui regroupe l'Université et l'EPFZ, peut être considérée comme le point culminant d'une intégration de la biologie sur le long terme. Depuis la création de la première chaire de biologie moléculaire en 1963, l'EPFL a expérimenté une sorte de mouvement de biologisation qui correspond tout à fait à ce que Gaudillière (1990) décrit en termes d'annexion ou de substitution aux autres disciplines. Finalement, la biologie est devenue omniprésente en représentant « whatever chemists, physicists, materials scientists, biologists, process engineers, and neuroinformaticists found interesting in biology » (Gugerli et al. 2010 : 347). Au début des années 2000, la molécularisation de la biologie à l'EPFZ est pour ainsi dire « achevée » et les autres domaines académiques ont pris part au nouveau modèle orienté vers l'interdisciplinarité et le retrait des revendications de « pureté théorique » pour préférer définir leurs recherches et leurs enseignements en termes d'applications pratiques. Dans le même temps, de nombreux champs de recherche adoptent le préfixe « bio » (Gugerli et al. 2010 : 349, Benninghoff et al. 2014), tels que la bio-informatique ou la biomédecine. L'objectif de la plateforme est justement défini comme le renforcement de la communication entre les activités des sciences de la vie à la fois en interne et à l'externe dans un but de promotion d'une interdisciplinarité étendue et sans frontières. Les sciences de la vie sont en effet définies comme englobant les sciences naturelles expérimentales, la biologie, la chimie et la physique et incluant les méthodes intégrées des mathématiques et des technologies de l'information, ainsi que la médecine clinique (Gugerli et al. 2010 : 349).

La création d'une faculté spécifiquement dédiée aux sciences de la vie à l'EPFL a suivi un chemin différent. Elle n'est pas le résultat d'un processus d'intégration progressive de la biologie, mais est directement liée à un changement de stratégie organisationnelle suite à la décision d'engager un médecin comme nouveau président en 1999. Un peu comme dans le cas de la nomination de Schwyzer à l'EPFZ qui, dès 1963, avait permis aux chimistes de s'imposer sous le label de la biologie moléculaire, la nomination d'un médecin à la tête de l'EPFL a participé à renforcer le domaine des sciences de la vie encore très peu développé. Dans un ouvrage consacré aux transformations de la gouvernance des universités de l'arc lémanique dans les années 1990, Leresche et al. (2012) montrent très bien les enjeux scientifiques et politiques derrière cette nomination. Durant près de dix ans, les Universités de Genève, de Lausanne et l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne avaient mené des négociations concernant l'attribution et la répartition des ressources conférées par le développement de nouvelles plateformes de recherche consacrées aux sciences de la vie. A partir des années 1990, la biologie est devenue un objet de régulation au centre des politiques de financement de la science, tout comme l'était la biologie moléculaire dans les années 1960. En 1999, le Fonds national de la recherche scientifique (FNS) lance un nouvel instrument de soutien à la recherche, le Pôle de recherche national (PRN) doté de financements très importants, dont quatre seront attribués au domaine des sciences de

la vie : la génétique à Genève, l'oncologie à Lausanne, la biologie structurale à Zurich et la biologie des plantes à Neuchâtel (Leresche et al. 2012 : 209).

Bien qu'il n'existe pas de lieu de la recherche prenant explicitement le nom de « sciences de la vie » à l'exception de la faculté de l'EPFL, ce sont plutôt des plateformes et des projets réunissant de nombreuses disciplines qui permettent leur ancrage institutionnel. Un exemple de réseau de collaborations en sciences de la vie est celui du *SystemsX* (2008-2016)⁸⁵. Financé principalement par la Conférence universitaire suisse (CUS) et le Conseil des EPF, le *SystemsX* regroupe treize institutions⁸⁶. Présenté comme le plus vaste programme de recherche de toute l'histoire suisse par la presse qui accompagna le lancement du projet en décembre 2007, le *SystemsX* est une « initiative visant à promouvoir la biologie systémique, une nouvelle approche des sciences de la vie qui est apparue au début du XXI^e siècle » (Frei 2015 : 258). Il prend son origine en 2000 avec le projet de création d'un Institut des sciences de la vie au Friedrich Miescher Institute (FMI) de Bâle, alors subventionné par la Novartis Research Foundation, finalement refusé au niveau fédéral en 2002, les structures d'encouragement de la Confédération en matière de recherche cherchant à favoriser les coopérations institutionnelles et interdisciplinaires (Frei 2015 : 265). Le plus intéressant est que la forme de ce réseau reflète très explicitement la rhétorique de la « société du savoir » reprise par les instances de décision politiques associant les technologies de l'information, les réseaux de communication, la collecte massive de données et la concurrence mondiale (Frei 2015 : 268).

Les sciences de la vie dans leur forme actuelle apparaissent ainsi dans la continuité du mouvement de rationalisation amorcé avec la biologie moléculaire, puis les biotechnologies. Mais plus encore, elles ont irrigué de nombreux domaines de recherche d'autres disciplines qui n'ont a priori rien à voir avec l'étude du vivant. Si l'on devait résumer l'histoire des sciences de la vie en quelques phrases, nous dirions qu'au début du XX^e siècle, les sciences de la vie sont représentées par la botanique et la zoologie dont l'objet de recherche est les organismes vivants et les écosystèmes. A cette époque, la chimie et la physique ne se sont pas encore saisies des enjeux liés à la science du vivant. A la fin du siècle, la nouvelle définition des sciences de la vie intègre des logiques importées depuis les champs de la chimie et de la physique. Ces deux disciplines ont progressivement participé, notamment par le biais de la biologie moléculaire, à ramener des enjeux de rationalisation dans le domaine de la biologie. Enfin l'essor des sciences de la vie est favorisé par de nombreuses réformes des institutions d'enseignement supérieur qui s'accompagnent d'un financement prioritairement accordé aux groupes interdisciplinaires et les recherches « utiles » dont ces nouvelles sciences sont le parfait exemple.

Finalement, les sciences de la vie ne comportent pas les caractéristiques d'une discipline autonome. Certaines recherches récentes montrent ainsi qu'elles sont davantage un *label* organisé autour du domaine du *biomédical* dont les contours demeurent relativement flous (Benninghoff et al. 2014 : 13). Cet aspect fait écho à la manière dont Strasser (2006) définit le champ de la biologie moléculaire à l'époque de son émergence, c'est-à-dire d'abord comme un label réunissant diverses disciplines autour du prestige conféré par l'utilisation du microscope électronique. L'importance croissante de l'emploi du terme biomédical semble associée davantage à des stratégies de distinction de certaines disciplines qu'à une nomenclature d'affiliation institutionnalisée. Ce domaine est souvent associé à celui des sciences du vivant, ou encore de « recherche translationnelle » et donne une place centrale aux technologies (ce qui explique l'intégration des disciplines de l'ingénierie, de la physique, de la chimie et de l'informatique) combinées à des visées thérapeutiques. De manière générale, la

⁸⁵ SystemsX.ch soutient plus de 1000 chercheuses et chercheurs actifs dans environ 200 projets ainsi que 400 groupes de recherche. Son secrétariat se trouve à l'EPFZ. Source : <http://www.snf.ch>.

⁸⁶ Les Universités de Genève, Lausanne, Fribourg, Neuchâtel, Berne, Bâle et Zurich, l'EPFZ, l'EPFL, le Friedrich Miescher Institute (FMI), le Paul Scherrer Institute (PSI) à Bâle et le Swiss Institute of Bioinformatics (SIB) à Lausanne.

problématique des sciences de la vie est très liée à la question de l'interdisciplinarité et de l'influence des pouvoirs publics et économiques. D'abord, elles sont au centre de nombreuses collaborations avec l'industrie qui participe au financement de certaines activités de recherche, notamment par le biais de fondations privées (Fondation Novartis, Friedrich Miescher Institute à Bâle) ou de financements de chaires, comme Merck-Serono à l'EPFL. Ensuite, elles sont largement promues par les politiques scientifiques au travers de divers instruments de promotion et de financement de la recherche.

3.5 Les principaux apports de l'historiographie suisse

Dans cette partie, nous avons cherché à montrer l'ancrage du développement des disciplines de la biologie et de la chimie dans le contexte du cas suisse au travers de quatre thématiques. *En premier lieu*, le retour sur la création des premières chaires de chimie à l'Université de Bâle a clairement montré que le lien entre l'académie et la sphère privée n'était pas un phénomène nouveau et que des collaborations existaient déjà au début du siècle. Nous avons montré qu'elles pouvaient prendre des formes diverses qui ont changé au cours du temps, des liens avec l'élite locale et du patronage aux financements de chaires, puis de laboratoires privés dans les grandes firmes du secteur pharmaceutique. Ce premier aspect montre que le cas suisse reflète des logiques plus globales de transformation des liens entre académie et secteur privé qui s'inscrivent dans le temps long (Tanner 1998, Gaudillière 2015, Malissard 2000, Chandler 2005, Gugerli et al. 2010) et que ces liens sont différenciés en fonction des disciplines : ils concernent d'abord la chimie (Bensaude-Vincent & Stengers 1993, Straumann 1997, Tamm 1997, Simon 2010), puis la biologie dans la période plus récente (Bürgi & Strasser 2010, Bürgi 2011).

En deuxième lieu, nous avons traité des conséquences de la « Révolution du gène » sur l'essor des biotechnologies et la substitution des techniques de synthèse chimique par des nouveaux procédés biologiques. Nous avons également pu relativiser cette rupture en montrant que la biologie était déjà intégrée dans les principales entreprises du secteur pharmaceutique et que le développement de la biologie moléculaire n'est pas un phénomène intrinsèquement académique (Bürgi 2005, Strasser 2006), comme il est parfois considéré par les historiens des sciences (Gros 1993, Morange 2016).

En troisième lieu, les débuts de la biologie moléculaire à Genève et à Zurich ont montré le rôle joué par les physiciens et les chimistes dans l'émergence de la discipline, mais aussi les résistances de la part des biologistes (Strasser 2006). Ces luttes font écho aux mécanismes de transformation des disciplines ayant déjà fait l'objet d'études dans d'autres contextes, notamment en France (Gaudillière 1990 et 1991) et rappelant la notion de travail sur les frontières (Lamont & Molnar 2002). Ces deux cas ont également montré la nécessité de comprendre ce processus au-delà des logiques académiques et scientifiques, en soulignant le rôle des autorités politiques et des firmes privées (Strasser 2006, Bürgi 2005, Wirz-von Planta 2016). Enfin, ils témoignent de l'inscription du cas suisse, même s'il est l'un des pionniers de l'institution de la biologie moléculaire, dans des dynamiques plus générales de développement des biotechnologies et des sciences de la vie (Strasser 2002, Reinhardt 2002, Chandler 2005).

Enfin, l'essor des sciences de la vie dans la période récente, accompagné d'un discours visant des réformes du système de l'enseignement supérieur et des universités qui s'inscrit dans un mouvement global de transformations des systèmes de l'enseignement supérieur (Musselin 2005 et 2010, Paradeise 2011, Benninghoff et al. 2017), apparaît comme la poursuite d'un mouvement initié par les biologistes moléculaires vers l'interdisciplinarité et la commercialisation des résultats de la recherche pour devenir un véritable objet de régulation politique (Strasser 2006, Gugerli et al. 2010, Leresche et al. 2012). A un certain degré, plusieurs sous-disciplines de la biologie et de la chimie se sont

rapprochées. Nous avons montré comment la biochimie, la génétique, la chimie organique et la physique avaient participé à la création de la biologie moléculaire. D'autres, par contre, se sont différenciées, comme en témoigne le cas de la biologie, qui s'est divisée en deux grands groupes, la biologie *fonctionnelle* et la biologie *évolutive*.

L'exploration des sources secondaires consacrées au cas suisse a montré l'importance prise par la chimie principalement organique et la biologie moléculaire dans les transformations de la hiérarchie des disciplines au xx^e siècle. Il faut cependant relever le manque de littérature consacrée à la biologie évolutive et à la chimie inorganique. En fait, il n'existe à notre connaissance aucune étude historique systématique traitant de ces deux domaines, ni même d'article spécialisé sur la question. Cet état est certainement dépendant du fait que le discours sur la science s'inscrit largement dans une rhétorique du progrès quantifiable par le biais de découvertes ou de résultats de recherches ayant un « impact » social (médicaments, agronomie, traitements médicaux, technologies). Il reste néanmoins qu'à part dans les monographies des universités et les plaquettes commémoratives des instituts, les développements de ces disciplines se retrouvent clairement dans l'ombre des autres, qui ont justement pour point commun d'être liées à des applications industrielles.

Notre propos, dans la poursuite de ce travail, est de prendre en considération l'affirmation de la biologie moléculaire et de la biologie *fonctionnelle* non pas de manière isolée, mais en la replaçant dans le cadre de l'ensemble des changements des disciplines de la biologie et de la chimie. Cette démarche présente deux intérêts. Premièrement, elle permet de poursuivre les travaux déjà existants sur le cas suisse en donnant une perspective globale du développement académique des disciplines. Il sera ainsi possible de documenter les évolutions de disciplines et de spécialisations qui sont largement mises de côté par l'historiographie. Deuxièmement, il s'agira de donner une nouvelle dimension à l'analyse de l'émergence de la biologie moléculaire et des transformations des hiérarchies disciplinaires en les replaçant dans le contexte de l'ensemble des disciplines de la biologie et de la chimie. Dans la suite de ce chapitre, nous allons tenter de traiter empiriquement de l'affirmation différenciée des disciplines au travers de l'analyse des positions occupées par les professeurs dans les universités et dans les deux principales organisations de promotion et de financement de la recherche en Suisse.

4. L'ancrage institutionnel de la biologie et de la chimie en Suisse : premiers principes de distinction

Dans cette partie, nous abordons l'institutionnalisation des disciplines dans le champ académique suisse par le biais des positions occupées par les professeurs. Après un retour sur l'échantillon des professeurs, nous analyserons d'abord la hiérarchie du pouvoir scientifique par les chaires professorales, c'est-à-dire l'évolution des effectifs par discipline et la diversification des spécialisations. Ensuite, nous nous intéresserons aux professeurs qui ont occupé des fonctions exécutives au niveau institutionnel et qui détiennent un pouvoir de type *temporel* (Bourdieu 1984a), soit les recteurs des universités et les doyens des facultés. Ensuite, nous chercherons à comprendre la place des disciplines telles qu'elles sont représentées dans deux organisations jouant un rôle central dans la promotion et le financement de la recherche en Suisse : l'Académie suisse des sciences naturelles (ASSN) et ses sociétés spécialisées, ainsi que le Fonds national suisse de la recherche scientifique (FNS) et son financement des projets de recherche.

Ces deux institutions incarnent une forme de pouvoir institutionnel différent de celui conféré par les fonctions de recteur et de doyen. L'ASSN est la plus ancienne et la plus importante des sociétés scientifiques nationales (Fleury & Joye 2003). Son rôle principal est celui de porte-parole de la communauté scientifique vis-à-vis des autorités politiques (Lepori 2007) en produisant de l'expertise pour les projets d'infrastructures nationaux notamment au travers de diverses commissions spécialisées (Kupper et al. 2015). Elle incarne la « légitimation par la reconnaissance publique » (Bourdieu 2001 : 104), un critère central de la définition des disciplines. En tant qu'association faitière, elle regroupe les diverses sociétés disciplinaires nationales et l'analyse de l'émergence et de la diversification de ces sociétés sera abordée comme un indicateur de reconnaissance dans le processus d'institutionnalisation des disciplines. Les membres du Comité central de l'ASSN peuvent être considérés comme leurs représentants et, de ce fait, sont les garants de leur légitimité. Le FNS est l'organe de financement de la recherche en Suisse et son Conseil national de la recherche regroupe une élite scientifique nationale qui organise la distribution des ressources symboliques et matérielles de la science (Benninghoff & Braun 2010). S'il est aussi un lieu de coordination avec la sphère politique (Fleury & Joye 2003), il est surtout le lieu des luttes de définition de la stratification de l'autorité au sein du champ scientifique. La décentralisation du champ académique national caractérisé par une grande autonomie des institutions cantonales a tendance à renforcer une certaine compétition pour l'obtention des financements de l'activité scientifique et permet d'aborder le FNS comme un lieu central du pouvoir sur la hiérarchie du savoir.

Quatre questions de recherche structurent cette partie. *Premièrement*, l'analyse des positions occupées par les professeurs confirme-t-elle la dynamique d'affirmation de la biologie moléculaire et, si oui, quelle en est l'ampleur et comment s'insère-t-elle dans le contexte plus large des autres disciplines **(Q1)** ? *Deuxièmement*, quelles sont les disciplines les plus importantes en termes de nombre de chaires professorales et comment cette hiérarchie varie-t-elle selon la période **(Q2)** ? *Troisièmement*, existe-t-il une hiérarchisation différente selon que l'on s'intéresse au pouvoir scientifique mesuré par les chaires professorales, ou au pouvoir temporel mesuré par les fonctions de doyen, de recteur ou de membre d'une organisation de promotion et de financement de la recherche **(Q3)** ? Et peut-on distinguer différentes formes de pouvoir temporel, plus ou moins relié au pouvoir scientifique ? *Enfin*, cette hiérarchie des chaires professorales et des positions institutionnelles est-elle également visible en termes de représentativité des disciplines des membres de l'ASSN et du FNS, ainsi que du point de vue des financements des activités de recherche par le FNS **(Q4)** ?

Afin de répondre à ces questions, nous analyserons d'abord la distribution des disciplines au sein des universités au travers des chaires professorales, puis les positions institutionnelles occupées par les professeurs de biologie et de chimie en tant que recteurs d'université, de doyens de faculté et de membres de l'ASSN et du FNS. Enfin, nous intégrerons à cette partie une analyse des sociétés disciplinaires représentées à l'ASSN et de la distribution des financements de la recherche accordés par le FNS.

4.1 Positions au sein des structures académiques : les chaires professorales

En premier lieu, nous nous concentrons sur l'évolution de l'importance des disciplines au travers de l'indicateur du nombre de chaires professorales. Dans le système académique suisse, les professeurs stabilisés possèdent une chaire qu'ils conservent jusqu'à la fin de leur mandat. Cette caractéristique implique que le système de positions demeure relativement stable, avec un *turn-over* relativement faible (Schuster & Finkelstein 2008 : 163, Fumasoli & Goastellec 2015a). De plus, il n'existe pas de réelle distinction entre les enseignants et les chercheurs, comme c'est le cas notamment dans le champ

académique français. De manière globale, tous les professeurs enseignent et pratiquent la recherche. Les postes d'enseignement se distribuent le long d'une échelle hiérarchique de fonctions académiques dont les plus hauts échelons sont occupés par les professeurs ordinaires et les professeurs extraordinaires. Le type de chaire, leur nombre et leur représentativité relative au sein des différentes universités sont un très bon indicateur de la reconnaissance scientifique accordée à chaque discipline et donc de leur hiérarchisation.

4.1.1 Les grandes tendances par les chaires professorales

Pour chaque professeur de l'échantillon décrit dans le chapitre 2 (N=882), nous avons retenu le nom de la chaire tel qu'indiqué dans les *Almanachs universitaires suisses* qui recensent l'ensemble des professeurs en Suisse par année académique. A partir de l'intitulé des chaires, les professeurs ont d'abord été classés en quatre grandes catégories : la biologie, la chimie, la biochimie (biologie+chimie) et les sciences naturelles médicales. Ensuite, nous nous sommes appuyés sur les chaires et les spécialisations des professeurs pour leur attribuer une sous-discipline, un domaine et une échelle. Pour la biologie, nous avons encore créé un indicateur distinguant la biologie I de la biologie II. L'appartenance disciplinaire de chaque professeur est ainsi mesurée par les quatre indicateurs de la discipline, la sous-discipline, le domaine et l'échelle. En biologie, les sous-disciplines sont la biochimie, la biologie cellulaire et moléculaire, la botanique, la microbiologie, la zoologie, les sciences naturelles médicales en biochimie et les sciences naturelles médicales en biologie⁸⁷. En chimie, les sous-disciplines sont la chimie analytique, la chimie industrielle, la chimie inorganique, la chimie organique, la chimie pharmaceutique, la chimie physique et les sciences naturelles médicales en chimie. En biologie, les *domaines* sont la biologie animale, la biologie végétale et la microbiologie, et les *échelles* sont l'échelle macro (écologie et évolution), l'échelle micro (microbiologie, physiologie et développement) et l'échelle moléculaire (biochimie et biologie moléculaire). En chimie, les domaines se recoupent avec les échelles, puisque, contrairement à la biologie, toutes les disciplines partagent la même échelle d'analyse. Il s'agit donc de la chimie inorganique et physique, de la chimie organique et de la chimie industrielle et analytique. Nous reviendrons sur ces définitions dans la suite de ce chapitre. Ces indicateurs ne sont pas exclusifs et peuvent se combiner de différentes manières. Par exemple, un professeur de physiologie végétale spécialisé dans les aspects moléculaires sera affilié à la discipline de la botanique, au domaine de la botanique et à l'échelle moléculaire, alors qu'un professeur de botanique spéciale sera affilié à l'échelle de l'écologie et évolution⁸⁸.

En premier lieu, nous nous intéressons à la répartition des chaires en fonction de la discipline principale et de l'année, comme indiqué dans le tableau 3.1. Le choix des cinq dates est d'abord issu des grandes périodes de l'histoire économique et politique suisse, comme nous l'évoquons au chapitre 2, et elles correspondent aussi à des périodes marquantes de l'histoire des disciplines. La première moitié du xx^e siècle voit certaines spécialisations naître et s'autonomiser progressivement au sein d'un champ académique encore fortement marqué par une distinction forte entre biologie et chimie, ainsi que par prédominance de la figure du chercheur industriel (Gaudillière 2015). Comme nous l'avons mentionné, cette dernière semble plutôt caractériser les chimistes qui entretiennent des liens importants avec les principales firmes du secteur (Busset et al. 1997, Bürgi & Strasser 2010, Simon 2010). L'année 1957 marque la fin de cette période et le début de l'institutionnalisation de la biologie II dans les universités (Strasser 2002). L'année 1980 est un repère d'une deuxième période, celle de l'affirmation institutionnelle de la biologie moléculaire et du développement des biotechnologies (Bürgi 2011, Breiding 2013). A cette période, les firmes privées commencent à intégrer plus largement les biologistes et, bien qu'il soit encore marqué par une structure organisationnelle classique des

⁸⁷ Ces deux dernières catégories comprennent les professeurs qui enseignent en faculté de médecine.

⁸⁸ L'annexe 6.1 présente la classification retenue pour chaque professeur de l'échantillon.

disciplines, le champ académique commence à s'internationaliser et se diversifier, notamment du point de vue du nombre de spécialisations par discipline et des instruments de financement de la recherche (Benninghoff & Leresche 2003) dont nous parlerons dans ce chapitre. Enfin, l'année 2000 est représentative de la période d'expansion des sciences de la vie et de l'introduction de nombreuses réformes visant à faire la promotion de ce nouveau champ de recherche (Leresche et al. 2012, Benninghoff et al. 2014, Gugerli et al. 2010, Strasser 2014). Elle est aussi marquée par une porosité plus grande des universités aux logiques économiques (Musselin 2008) ainsi que par l'émergence de la figure du chercheur entrepreneur qui succède à celle du chercheur industriel (Owen-Smith & Powell 2004, Gaudillière 2015).

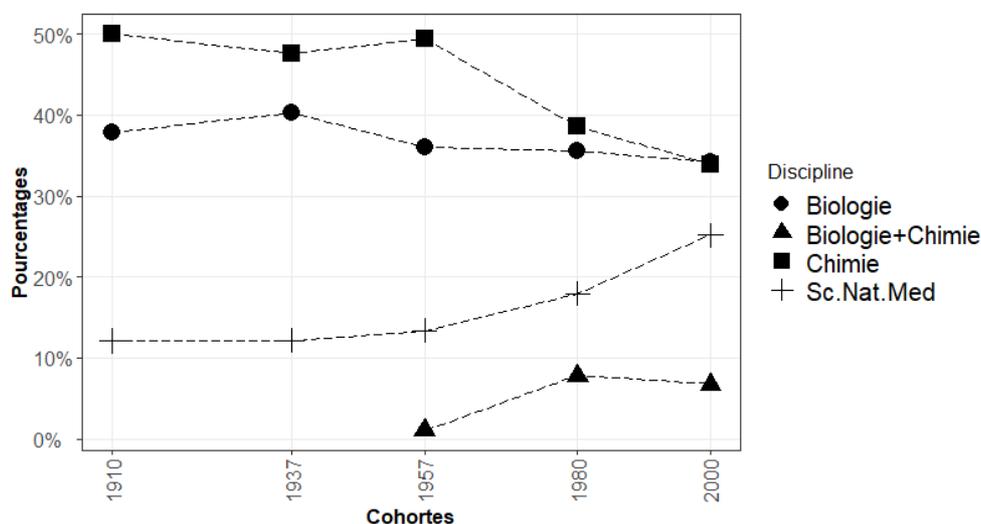
Tableau 3.1 Distribution des chaires par date et par discipline en % (1910-2000)

	1910	1937	1957	1980	2000	Total
Biologie	37.9	40.2	36.1	35.6	34.2	47
Biologie+Chimie	0	0	1.0	7.8	6.7	315
Chimie	50.0	47.6	49.5	38.6	33.9	350
Sc.Nat.Med	12.1	12.2	13.4	18.0	25.1	170
Effectifs totaux	66	82	97	295	342	882

Note : Les effectifs figurent dans le tableau 2.1 du chapitre 2 consacré à la stratégie de recherche, aux données et aux méthodes. Lecture du tableau : 37.9% du total des professeurs pour l'année 1910 (N=66) sont des professeurs de biologie.

Comme nous l'avons déjà mentionné dans la partie consacrée à l'échantillon, les effectifs totaux des professeurs augmentent de manière importante au cours du xx^e siècle. Leur nombre passe de 66 en 1910 à 82 en 1937 et 97 en 1959. Ensuite, le nombre de professeurs augmente fortement pour atteindre 295 en 1980 et 342 en 2000. Plus que les effectifs absolus, la distribution des chaires en termes de pourcentages montre qu'après une certaine stabilité entre 1910 et 1957, l'importance relative des disciplines change à partir de 1980 (figure 3.1).

Figure 3.1 Disciplines par cohorte (en % sur le total de la cohorte)



Lecture du graphique : 50% du total des professeurs pour l'année 1910 (N=66) sont des professeurs de chimie. Les pourcentages correspondent à ceux du tableau 3.1 ci-dessus.

Entre 1910 et 1957, la distribution des chaires pour chaque discipline reste relativement stable, avec une proportion d'environ 50% de chaires de chimie, suivie de la biologie autour de 38% et d'environ 12% de chaires de sciences naturelles médicales. L'importance relative de la chimie baisse ensuite à 39% en 1980, puis 34% en 2000, tandis que la biologie reste relativement stable autour de 35%. Dans

ce graphique, l'importance de la biochimie est sous-estimée, car il ne prend en compte que les chaires de biochimie dans les facultés des sciences. La particularité de cette discipline est qu'elle est également bien représentée dans les facultés de médecine et une partie des chaires de biochimie est incluse dans les sciences naturelles médicales. La proportion de ces dernières augmente de manière importante dans la période récente, en passant de 13.4% en 1957 à 18% en 1980, puis 27% en 2000. Ces résultats témoignent d'un déclin relatif de la chimie à partir des années 1980 et, surtout, d'un essor progressif des chaires de biologie en faculté de médecine. Avant d'aborder la question des sous-disciplines, nous revenons sur le cas spécifique des sciences naturelles médicales.

4.1.2 Comment classer les sciences naturelles médicales

Nous l'avons montré, l'une des particularités de la chimie et de la biologie est que l'on retrouve des enseignements des deux disciplines à la fois dans les facultés des sciences et dans les facultés de médecine. La catégorie « sciences naturelles médicales » se compose ainsi de professeurs de biologie et de chimie qui donnent des enseignements au sein de ces dernières. Pour donner quelques exemples, on peut citer la chimie clinique et la chimie physiologique qui sont rattachées à la chimie, et la microbiologie médicale, l'immunologie et la virologie qui sont des domaines de la biologie. On retrouve également une part relativement importante de professeurs de biochimie, que l'on peut également rattacher à la biologie⁸⁹. Le tableau 3.2 montre la répartition des professeurs de biologie, de chimie et de biochimie au sein des sciences naturelles médicales. Les professeurs de biologie sont nettement plus nombreux (N=91) que les professeurs de biochimie (N=59) et surtout que les professeurs de chimie (N=21).

Tableau 3.2 Disciplines des sciences naturelles médicales

Disciplines des sciences naturelles médicales (en %)	1910	1937	1957	1980	2000	Total
Biochimie	0	0	7.7	43.4	40.7	59
Biologie	62.5	60	61.5	47.2	53.5	91
Chimie	37.5	40	30.8	9.4	5.8	21
Effectifs totaux	8	10	13	53	86	170

Lecture du tableau : 0% des professeurs de sciences naturelles médicales pour l'année 1910 (N=8) sont des professeurs de biochimie, 62.5% sont des professeurs de biologie et 37.5% sont des professeurs de chimie.

Dans la première partie du xx^e siècle, les sciences naturelles médicales se composent d'environ deux tiers d'enseignements de biologie et d'un tiers d'enseignements de chimie. Cette répartition change radicalement pour les dates de 1980 et 2000, pour lesquelles la représentation de la chimie diminue drastiquement jusqu'à ne représenter que 5.8% des sciences naturelles médicales en 2000. La biochimie, par contre, prend un essor très important entre 1957 et 1980 en passant de 7.7% à 43.4%.

Lorsque l'on compare la part des chaires de biologie et de chimie dans les facultés des sciences et de médecine, on remarque que les deux disciplines se distribuent différemment. La chimie est enseignée dans sa très grande majorité dans les facultés des sciences durant tout le siècle. Elle semble s'autonomiser de plus en plus des facultés de médecine car, si on trouve encore 8.7% des chaires de chimie dans ces facultés en 1910 et 9.3% en 1937, ce pourcentage descend à moins de 5% pour 1980 et 2000. Par contre, la biologie est nettement mieux représentée dans les facultés de médecine. Elle semble suivre un mouvement de diversification depuis 1957 vers une augmentation du nombre de chaires dans ces dernières. En 2000, plus d'un quart des chaires de biologie sont affiliées aux facultés de médecine.

⁸⁹ En Suisse, les arbres de classification des disciplines au niveau institutionnel, notamment dans le cas du FNS et de l'ASSN, considèrent la biochimie comme un domaine de la biologie.

Tableau 3.3 Part des chaires de biologie et de chimie selon le type de faculté (en %)

Proportion des chaires par type de faculté (en %)	1910	1937	1957	1980	2000	Total
Biologie en faculté des sciences	83.3	84.6	80	72.7	63.4	362
Biologie en faculté de médecine	16.7	15.4	20	27.3	36.6	149
Total	100	100	100	100	100	100
Chimie en faculté des sciences	91.7	90.7	92.3	95.8	95.9	350
Chimie en faculté de médecine	8.3	9.3	7.7	4.2	4.1	21
Total	100	100	100	100	100	100
Effectifs totaux	66	82	97	295	342	882

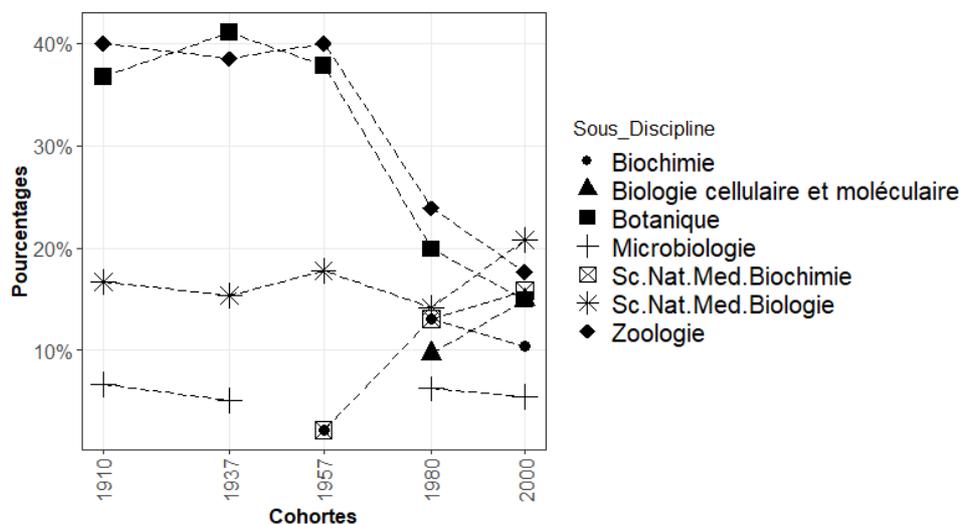
Note : Le tableau indique le pourcentage de chaires de biologie en faculté de médecine sur le total des chaires en biologie (N=511) et le pourcentage de chaires de chimie en faculté de médecine sur le total des chaires de chimie (N=371). La biochimie est comprise comme un domaine de la biologie. Lecture du tableau : 83.3% des professeurs de biologie enseignent en faculté des sciences et 16.7% des professeurs de biologie enseignent en faculté de médecine.

On peut donc soit considérer les chaires de biologie et de chimie dans les facultés de médecine séparément de celles des facultés des sciences, en les regroupant dans la catégorie des « sciences naturelles médicales », soit les rattacher à l'une et l'autre disciplines. Les deux méthodes peuvent avoir des conséquences relativement importantes sur l'interprétation des résultats et nous chercherons à chaque fois à justifier le choix de l'une ou l'autre. Pour la suite de cette partie, les sciences naturelles médicales sont intégrées à la biologie ou la chimie afin de permettre une image la plus complète possible de l'évolution des sous-disciplines indépendamment du type de faculté.

4.1.3 Les deux pôles de la biologie

Chaque chaire de biologie a été recodée, en accord avec la littérature sur les disciplines présentées précédemment et les classifications du FNS et de l'ASSN selon les spécialisations, l'affiliation aux catégories biologie I et biologie II et les domaines et les échelles. Les sous-disciplines ont d'abord été codées en huit catégories basées sur les spécialisations des professeurs de biologie (N=511). Il s'agit de la biochimie (N=47), de la biologie cellulaire et moléculaire (N=50), de la botanique (N=112), de la microbiologie (N=27), de la zoologie (N=126), de la biochimie en faculté des sciences (sc.nat.med.biochimie, N=59) et des autres spécialisations en biologie (sc.nat.med.biologie, N=90). La figure 3.2 montre la proportion des chaires par année en fonction des sous-disciplines.

Figure 3.2 Sous-discipline par cohorte (en % sur le total de la cohorte)

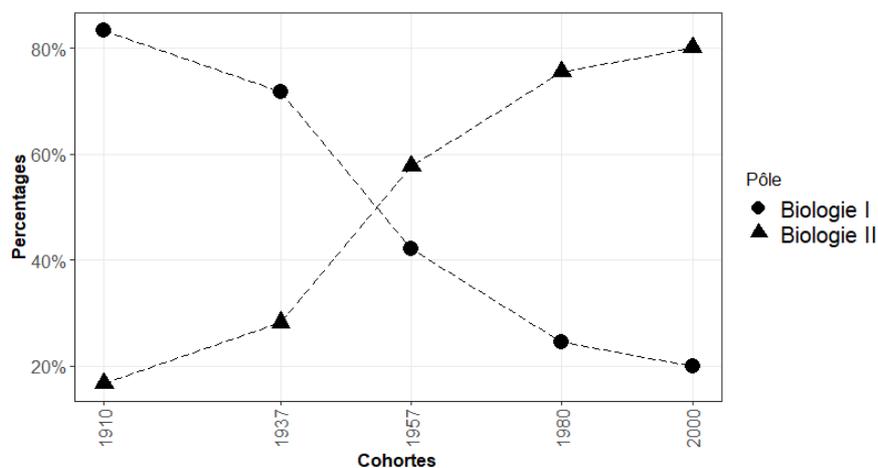


Lecture du graphique : 40% des professeurs de biologie pour l'année 1910 (N=30) sont des professeurs de zoologie. Les effectifs figurent dans l'annexe 6.2 en fin de chapitre.

La distribution des sous-disciplines des professeurs de biologie reste relativement stable entre 1910 et 1957. Durant cette période de la première moitié du xx^e siècle, la zoologie et la botanique dominent clairement en termes de nombre de chaires en représentant à elles deux 76.7% des chaires en 1910, 79.5% en 1937 et 77.8% en 1957. Pour cette même période, on retrouve une moyenne de 16.6% de chaires de biologie en faculté de médecine (sc.nat.med.biologie) et un faible pourcentage de chaires de microbiologie qui correspondent à deux enseignements de bactériologie. L'année 1957 accueille les deux premières chaires de biochimie : celle d'Hugo Aebi, un médecin suisse (dont le père travaillait pour Ciba-Geigy en tant que fondé de pouvoir) nommé professeur ordinaire à la faculté de médecine de l'Université de Berne en 1954, deux ans après l'obtention de son habilitation en médecine, et celle de Carl Martius, un biochimiste allemand ayant occupé la fonction de professeur extraordinaire de biochimie à l'Université de Tübingen jusqu'en 1956, date à laquelle il est nommé professeur ordinaire au département de biologie de l'EPFZ. Il est intéressant de relever ici l'écart qui sépare la période d'émergence des disciplines et le moment où elles acquièrent une certaine représentativité dans les institutions académiques. En effet, si les débuts de la biochimie sont souvent situés dans les années 1930, ce n'est qu'en 1954 qu'est effectivement créée la première chaire dédiée à la discipline.

La situation change radicalement entre 1957 et 1980. Le pourcentage cumulé de la botanique et de la zoologie diminue fortement, pour ne représenter que 43.8% du total des chaires en 1980 et 32.6% en 2000. On remarque par contre une affirmation marquée de la biochimie et de la biologie moléculaire. En cumulant les chaires dans les facultés des sciences et de médecine, la biochimie passe d'un taux de 4.4% en 1957 à 26.1% en 1980 et 26.2% en 2000. En termes de nombre de chaires, elle reste mieux représentée que la biologie moléculaire qui compte 9.7% 1980 et 14.9% en 2000. Ainsi, si cette dernière s'est affirmée dans la fin du siècle, elle n'est de loin pas la discipline la plus représentée chez les professeurs. En 2000, la sous-discipline de la biologie qui compte le plus de chaires professorales est la biochimie (26.2%). Ensuite, dans l'ordre décroissant, on trouve la biologie en faculté de médecine (sc.nat.med.biologie) avec 20.8%, la zoologie (17.6%), la botanique (14.9%) et la biologie moléculaire et cellulaire (14.9%) et, enfin, les chaires de microbiologie avec 5.4%. Ce qui marque la seconde moitié du siècle, c'est le renversement complet du rapport entre la biologie I et la biologie II (figure 3.3). La biologie II comprend la biochimie, la biologie moléculaire et cellulaire, la biologie en faculté de médecine ainsi que les chaires en zoologie et botanique qui s'apparentent au courant de la biologie fonctionnelle, comme par exemple la biologie du développement, l'embryologie et la physiologie végétale.

Figure 3.3 Chaires de biologie I et biologie II (en % sur le total des chaires de biologie par cohorte)



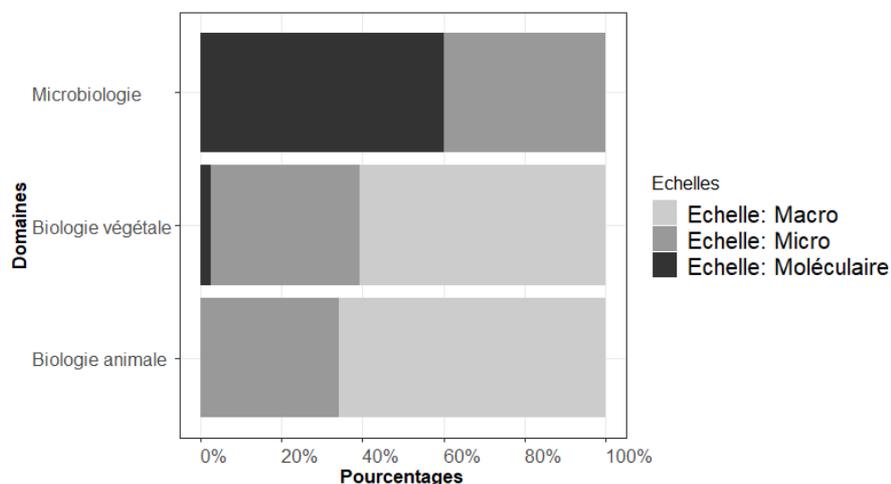
Lecture du graphique : 83.3% des professeurs de biologie pour l'année 1910 (N=30) sont des professeurs de biologie I et 16.7% sont des professeurs de biologie II. Les effectifs figurent dans l'annexe 6.2 en fin de chapitre.

En 1910 et 1937, la biologie I domine clairement l'espace de la biologie avec plus de 80% des chaires alors qu'en 1980 et 2000, c'est exactement l'inverse ; la biologie I ne compte plus que pour environ 20% des chaires, alors que la biologie II a pris énormément d'importance pour atteindre 75% des chaires en 1980 et 80% en 2000. Ce qui frappe le plus, c'est que la biologie *fonctionnelle* a déjà pris de l'importance en 1957, alors qu'à cette date on ne compte que deux professeurs de biochimie et aucun de biologie moléculaire. Le « nouveau » courant de la biologie *fonctionnelle* est donc associé à d'autres spécialisations à cette date : la microbiologie en zoologie et en botanique, la biologie du développement, l'embryologie, la génétique et la physiologie végétale. Toutes peuvent être reliées au courant de la *physiologie et du développement*, l'une des trois *échelles* que nous allons présenter maintenant.

Afin de mieux saisir la distinction entre les biologies I et II, nous avons repris le découpage opéré par Morange (2016) et Gros (1993) entre trois *échelles* (ou niveaux d'analyse) qui représentent les trois courants de la biologie. L'*écologie et évolution* définit le courant de la biologie traitant de l'évolution des espèces et des écosystèmes. Il est aussi appelé *écosystémique* par Gros (1993) et inclut les zoologistes et les botanistes qui travaillent dans des perspectives *macro*. La *physiologie et développement*, par contraste avec l'écologie, réunit les chaires de microbiologie. Les disciplines de l'embryologie, de la biologie cellulaire ou de la physiologie végétale entrent dans ce courant. Enfin, la *biologie moléculaire* regroupe les chaires portant spécifiquement l'intitulé de biologie moléculaire. De fait, la biochimie est comptée comme une échelle à part, même si elle rejoint théoriquement l'échelle moléculaire.

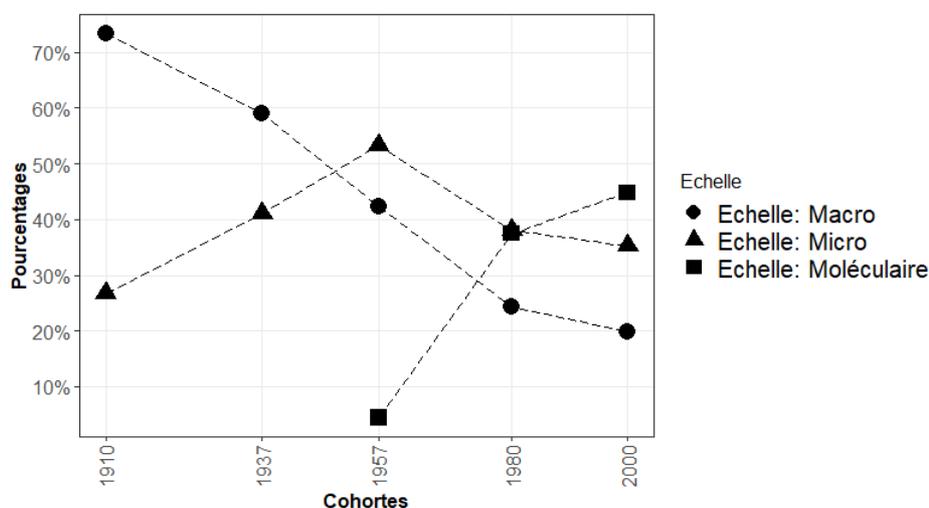
Ces échelles sont intéressantes car elles permettent de faire une distinction à l'intérieur des domaines de spécialisation en fonction du niveau d'analyse. Conformément à la littérature consacrée à l'histoire de la biologie présentée plus haut, la biologie peut être divisée en trois grands *domaines* : la *biologie animale*, la *biologie végétale* et la *microbiologie* qui regroupe la biologie cellulaire, la biologie moléculaire, la biochimie ainsi que d'autres spécialisations telles que l'immunologie, la bactériologie ou la virologie. Dans le graphique ci-dessous, on peut voir qu'environ le tiers des chaires de biologie animale et végétale est relié à l'échelle de la microbiologie, comme c'est le cas typiquement de la physiologie des plantes, alors que les deux autres tiers sont liés à l'échelle de l'écologie et évolution (macro). A une exception près, il n'y a pas de chaire reliée à l'échelle moléculaire en biologie animale et végétale. Si l'on prend l'ensemble des domaines liés à la microbiologie, un tiers est affilié à l'échelle de la physiologie et du développement (micro) et les deux tiers restants sont composés de l'échelle moléculaire.

Figure 3.4 Domaines et échelles des chaires de biologie (en %)



Enfin, on peut confirmer les précédentes observations en comparant la proportion des professeurs pour chacune des trois échelles. *L'écologie et évolution* suit une pente descendante constante de 1910 à 2000. Représentant 73.3% des chaires en 1910, elle baisse à 59% en 1937, 42.2% en 1980, 24.4% en 1980 et 19.9% en 2000. A l'inverse, l'échelle moléculaire prend progressivement de l'importance pour devenir dominante en 2000. Elle ne concerne aucune chaire entre 1910 et 1937, puis progresse de 0.4% en 1957 à 37.5% en 1980 et 44.8% en 2000. Ce qu'il est intéressant de noter ici, c'est que la montée de la biologie *fonctionnelle* est d'abord liée à l'échelle de la *physiologie et développement* (micro), qui perd ensuite de l'importance face à l'échelle moléculaire. Ainsi, il semble que la *molécularisation* de la biologie soit surtout reliée à l'augmentation du nombre de chaires de biologie moléculaire et de biochimie, mais ne se reflète pas dans les autres domaines de la discipline.

Figure 3.5 Chaires selon les échelles (en % sur le total des chaires de biologie par cohorte)



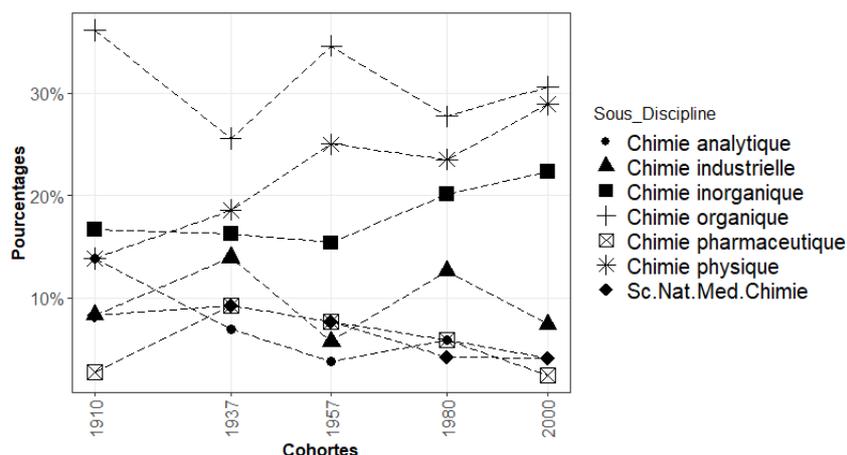
Lecture du graphique : 73.3% des chaires de biologie pour l'année 1910 (N=30) sont affiliées à l'échelle macro. Les effectifs figurent dans l'annexe 6.2 en fin de chapitre.

En résumé, les évolutions du nombre de chaires professorales en biologie donnent déjà des éléments de réponse à notre première question de recherche (Q1). Nos résultats montrent que l'on assiste effectivement à un retournement entre une situation où la biologie I prédomine largement dans la première moitié du xx^e et une autre où c'est la biologie II qui compte le plus de chaires, à hauteur de 80% pour l'année 2000. On constate aussi que l'affirmation de la biologie moléculaire est plus tardive en termes de chaires d'enseignement que ce que laisse suggérer la littérature. C'est d'ailleurs aussi le cas de la biochimie qui, parmi toutes les sous-disciplines, est la plus importante à la fin du siècle. Enfin, le tournant qui annonce l'ascension de la biologie *fonctionnelle* apparaît comme davantage associé à la prise d'importance de la microbiologie en biologie animale et végétale, notamment la biologie du développement, l'embryologie, la génétique et la physiologie végétale en 1957. Ce n'est qu'à partir de l'année 1980 et surtout de l'année 2000 que l'échelle moléculaire devient véritablement dominante.

4.1.4 L'affirmation progressive de la chimie fondamentale

Dans le cas de la biologie, nous avons basé le découpage des sous-disciplines sur la nomenclature utilisée par l'ASSN et le FNS. Dans le cas de la chimie, la même stratégie n'est pas possible puisque la discipline est beaucoup moins différenciée institutionnellement que la biologie. Les sous-disciplines de la chimie sont les suivantes : la chimie organique (N=112), la chimie inorganique (N=72), la chimie physique (N=89), la chimie industrielle (N=36), la chimie analytique (N=22), la chimie pharmaceutique (N=19) et les sciences naturelles médicales en chimie (N=21). Le graphique 3.6 résume l'évolution des chaires par cohorte.

Figure 3.6 Sous-disciplines de la chimie (en % sur le total des chaires par cohorte)



Lecture du graphique : 36.1% des professeurs de chimie pour l'année 1910 (N=36) sont des professeurs de chimie organique. Les effectifs figurent dans l'annexe 6.2 en fin de chapitre.

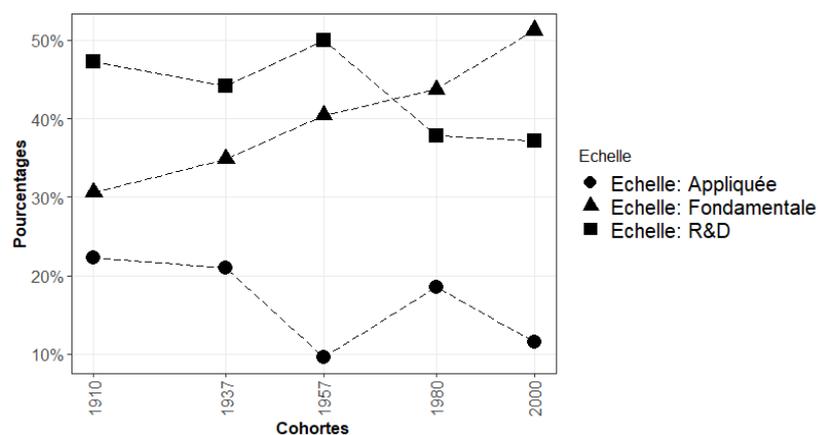
La chimie n'est pas marquée, comme c'est le cas pour la biologie, par une division nette entre deux pôles dont l'importance relative va s'inverser au cours du siècle. Elle suit cependant un mouvement de différenciation interne qui voit la chimie inorganique et la chimie physique prendre de plus en plus d'importance, alors que le poids relatif des autres sous-disciplines (la chimie analytique, la chimie pharmaceutique et la chimie industrielle) diminue progressivement. La sous-discipline qui compte le plus de professeurs pendant toute la période est la chimie organique. En 1910, le nombre de chaires de cette sous-discipline représente 36.1% du total et 30.6% en 2000. Au début du siècle, les deux autres grandes sous-disciplines comptent nettement moins de chaires, avec 16.7% pour la chimie inorganique et 13.9% pour la chimie physique. Elles s'affirmeront ensuite avec le temps de sorte qu'en 2000, les trois sous-disciplines principales cumulent 81.8% des chaires. Le pourcentage de chaires de chimie physique passe de 13.9% en 1910 à 25% en 1957, puis 28.9% en 2000. La chimie inorganique suit elle aussi une courbe ascendante, bien qu'un peu moins marquée, de 16.7% en 1910 à 22.3% en 2000.

Le nombre de chaires des autres sous-disciplines a tendance à décroître au long de la période. La chimie analytique, qui représentait le même pourcentage de professeurs que la chimie physique en 1910 (13.9%), décroît progressivement pour ne représenter plus que 4.1% en 2000. Cette sous-discipline spécialisée dans l'identification et la caractérisation des substances chimiques est souvent rapportée à l'analyse et au suivi de la production des substances chimiques. La chimie industrielle et la chimie pharmaceutique sont elles aussi moins bien représentées que les trois sous-disciplines principales. En 1937, la chimie industrielle représente tout de même 14% du total des chaires de chimie et la chimie pharmaceutique 9.3%. En 2000, leur importance a chuté à 7.4% pour la première et 2.5% pour la seconde. Enfin, les professeurs de chimie en faculté de médecine restent globalement peu représentés, entre 8.3% en 1910, 9.3% en 1937 et 4.1% en 2000.

Ces résultats confirment la prédominance de la chimie organique en Suisse, même si la chimie inorganique et la chimie physique ont considérablement augmenté leur représentativité à la fin du siècle. Comme pour la biologie, nous avons regroupé les sous-disciplines. Parler d'échelles d'analyse en chimie dans la même acception que pour la biologie ne fait pas beaucoup de sens car toutes les sous-disciplines de la chimie partagent le même niveau d'analyse. Pour des raisons de cohérence, nous avons choisi de garder des variables des domaines et échelles pour la chimie, même si elles se recoupent. Dans la première section du chapitre, consacrée à l'histoire des disciplines, nous avons évoqué la dualité entre caractère fondamental et appliqué en chimie (Bensaude-Vincent & Stengers

1993). La chimie inorganique était présentée comme le pôle le plus fondamental de la discipline (Baudet 2017), tout comme la chimie physique. Le génie chimique et la chimie industrielle en incarnent le pôle le plus appliqué et la chimie organique, en tant que domaine spécialisé dans la synthèse de produits chimiques, peut être affilié à un troisième pôle proche de la logique de la R&D (Haller 2015). Ainsi, le domaine de la chimie inorganique et physique correspond à l'échelle *fondamentale* de la chimie, celui de la chimie organique correspond à l'échelle *Recherche et Développement* (R&D) au vu de sa proximité avec l'industrie chimique et, enfin, le domaine de la chimie industrielle et analytique correspond à l'échelle *appliquée*.

Figure 3.7 Chaires selon les échelles (en % sur le total des chaires de chimie par cohorte)



Lecture du graphique : 47.2% des chaires de chimie pour l'année 1910 (N=36) sont affiliées à l'échelle R&D. Les effectifs figurent dans l'annexe 6.2 en fin de chapitre.

Sur ce dernier graphique, on peut constater une affirmation de l'échelle fondamentale ainsi qu'une diminution relative de l'importance de l'échelle R&D dans la seconde moitié du xx^e siècle. L'échelle fondamentale montre une croissance quasi linéaire en passant de 30.5% des chaires en 1910 à 34.8% en 1937, 40.4% en 1957, 43.7% en 1980 et 51.2% en 2000. La chimie organique reste la plus importante jusqu'en 1957 où elle représente 50% des chaires de chimie, pour ne représenter ensuite plus que 37.8% des chaires en 1980 et 37.2% en 2000. L'échelle appliquée, alors qu'elle représente 22.2% des chaires en 1910 et 20.9% en 1937, ne représente plus que 11.6% du total des positions de professeurs en 2000. Les années 1980, qui correspondent à l'affirmation institutionnelle de la biologie moléculaire et de la biochimie, sont souvent considérées comme le début d'une période de crise de la chimie. Ce que l'on peut constater au regard de l'évolution de la distribution des chaires professorales, c'est que cette période correspond aussi au retrait relatif de l'échelle R&D face à l'augmentation de la recherche fondamentale en chimie.

De manière générale, l'analyse de la distribution des chaires professorales en biologie et en chimie nous amène à présenter la conclusion suivante à propos de l'évolution de la hiérarchie disciplinaire (**Q2**) : les deux disciplines ont connu des changements dans la hiérarchie de leurs sous-disciplines, mais de manière différenciée. D'un côté, on voit au sein de la biologie une dichotomisation entre, d'une part, la biologie *évolutive* et, d'autre part, la biologie *fonctionnelle*. Cette dernière s'affirme de manière très claire déjà à partir de l'année 1957 par la prise d'importance de l'échelle de la microbiologie dans les domaines de la biologie animale et de la biologie végétale. En 1980, l'expansion massive des chaires de *biochimie* et de *biologie moléculaire* renforce de manière spectaculaire cette tendance au développement de la biologie II. Dans le cas de la chimie, ce ne sont pas les sous-disciplines appliquées aux molécules du vivant qui prennent de l'ampleur dans la seconde moitié du xx^e siècle, mais ce sont les domaines fondamentaux de la chimie inorganique et physique. Ces résultats sont intéressants car ils se montrent complémentaires à la littérature consacrée à l'histoire des disciplines. Premièrement,

ils montrent que la biologie moléculaire n'est pas la seule à avoir contribué à l'affirmation de la biologie fonctionnelle et que cette dernière cohabite avec d'autres sous-disciplines, notamment la biochimie et la microbiologie qui sont souvent abordées comme des disciplines précurseurs de la biologie moléculaire, mais pas comme des disciplines parallèles (Gros 1993, Morange 2016). Deuxièmement, ils mettent en lumière une montée de la chimie fondamentale non consacrée au vivant qui reste une zone d'ombre dans la littérature sur l'histoire des sciences naturelles consacrée au cas suisse. De plus, il semble que, dans les deux cas, on peut distinguer une situation différente dans la première moitié du xx^e siècle et dans la seconde moitié, avec une amorce de changement pour l'année 1957 et une affirmation d'une nouvelle hiérarchie des sous-disciplines pour l'année 1980. Ces aspects montrent bien comment la course au classement qui se développe dans la fin du xx^e, notamment en termes de performance de publication (Gingras 2014), affecte les disciplines et favorise les domaines les plus autonomes, c'est-à-dire les plus « fondamentaux » face aux domaines plus « appliqués »⁹⁰.

4.2 Les positions institutionnelles : un contre-pouvoir au sein du champ ?

On peut se demander dans quelle mesure cette hiérarchie des chaires professorales se retrouve ou diffère selon que l'on s'intéresse au pouvoir temporel mesuré par les fonctions exécutives dans les académies et les organisations de promotion et de financement de la science (**Q3**). Si le capital scientifique s'oppose au capital institutionnel (Bourdieu 1984a), il est probable que la distribution des disciplines ne soit pas la même dans les deux cas. Dans cette seconde partie, nous nous intéressons d'abord aux recteurs des universités et aux doyens des facultés des sciences, puis à la composition des comités de l'ASSN et du FNS dans les parties suivantes. C'est au travers de ces deux fonctions exécutives que les professeurs peuvent acquérir un capital académique de type institutionnel. Comme la base « Elites suisses » recense tous les recteurs et tous les doyens, nous pouvons analyser la place occupée par la biologie et la chimie par rapport aux autres disciplines académiques. La structure organisationnelle des deux écoles polytechniques fédérales (EPF) diffère de celle des universités. La fonction la plus élevée n'est pas celle de recteur, mais de président. Les présidents des EPF bénéficient d'une plus grande marge de manœuvre que les recteurs des universités et sont nommés pour des mandats plus longs. Nous considérons néanmoins ces deux fonctions comme équivalentes dans notre analyse.

4.2.1 Les fonctions de recteur

La première fonction conférant un pouvoir de type temporel est celle de recteur d'une université. Elle constitue, dans la structure des universités suisses, la position la plus élevée dans la hiérarchie du pouvoir exécutif. Les ressources institutionnelles conférées par le mandat de recteur peuvent créer un certain volume de capital académique renforçant le prestige d'une discipline au sein du champ académique et peut fonctionner comme un indicateur d'autorité de cette dernière. D'un autre côté, la distribution des disciplines dans les fonctions de recteur peut aussi servir d'indicateur du degré d'appartenance au pôle « mondain » du champ académique, car les recteurs sont des agents autant « reconnus par leur pairs » (Bourdieu 1984a) que par les autorités politiques et sont en charge des relations avec ces dernières⁹¹. Pendant longtemps, c'est le pouvoir politique qui était en charge de nommer les recteurs des universités, et cela est d'ailleurs toujours le cas des présidents des écoles

⁹⁰ Nous développons cet aspect plus loin dans la thèse, et notamment dans le chapitre 6 qui traitera spécifiquement de la dynamique d'académisation des disciplines techniques et des institutions académiques au travers du cas de l'EPFL.

⁹¹ En Suisse, il existe un organe réunissant les recteurs des universités. La Conférence des recteurs des universités suisses (CRUS), fondée en 1904, assure les tâches de planification et de gouvernance du système d'enseignement supérieur. Elle représente également les intérêts des universités aux niveaux national et international, de même qu'elle peut être amenée à accomplir des mandats confiés par les autorités fédérales ou diriger des programmes scientifiques. Source : www.swissuniversite.ch.

polytechniques fédérales qui sont élus par le Conseil fédéral sur proposition du Conseil des EPF (CEPF), l'organe stratégique de direction et de surveillance du domaine des EPF⁹². La nomination au poste de recteur est autant une reconnaissance individuelle, basée par exemple sur les expériences passées à des postes exécutifs dans une académie, voire dans l'administration publique, qu'un acte de reconnaissance du prestige de la discipline de la personne qui est nommée. Cette nomination peut à son tour participer à renforcer la place de la discipline dans la hiérarchie académique⁹³. Dans le dernier quart du xx^e siècle, l'allongement de la durée des mandats de recteur participe à la professionnalisation de la fonction, et donc à étendre le pouvoir exécutif qui lui est rattaché. Pendant longtemps, les mandats de recteur restent relativement courts, entre un et deux ans. Le tableau 3.4 présente la répartition des disciplines des recteurs par cohorte de 10 ans. Afin de ne pas surestimer la part des recteurs issus des disciplines les plus importantes en termes de nombre de professeurs, les pourcentages ont été pondérés et normalisés en fonction de la distribution des chaires professorales par période. Comme il est probable que le pourcentage des recteurs d'une discipline possédant un nombre faible de professeurs soit également faible, les pourcentages des disciplines des recteurs basés sur l'effectif de recteurs pour chaque discipline selon la cohorte ont été pondérés par l'importance relative des disciplines pour la période concernée⁹⁴.

Tableau 3.4 Disciplines des recteurs (en % du total pondéré par la distribution des disciplines)

	1911- 1920	1921- 1930	1931- 1940	1941- 1950	1951- 1960	1961- 1970	1971- 1980	1981- 1990	1991- 2000	2001- 2010
Biologie	4.3	3.6	9.4	15.5	11.9	12.3	0	4.9	5.1	6.5
Chimie	6.5	5.9	5.0	7.5	5.9	6.1	4.3	0	6.4	8.1
Droit	13.5	19.7	15.2	6.7	15.9	14.7	20.4	12.9	12.3	0
Lettres	13.3	10.4	9.0	4.5	9.0	6.7	14.7	6.2	5.9	7.5
Mathématiques	4.7	5.2	17.9	4.5	4.3	4.5	5.4	6.8	0	18.7
Médecine	8.0	5.3	5.8	7.7	6.9	4.7	6.7	6.1	2.5	1.6
Physique	10.8	14.4	0	12.3	4.3	13.4	7.7	14.6	10.9	13.8
Sciences de la terre	12.7	10.9	9.4	9.3	4.4	4.6	11.9	7.6	6.4	0
Sciences économiques	9.4	5.0	6.4	8.5	9.9	12.8	16.3	4.1	17.3	11.0
Sciences sociales	1.8	0	6.7	11.6	3.3	5.1	0	13.0	0	8.7
Sciences techniques	3.1	2.6	2.2	2.2	1.7	3.6	0	0	0	3.1
Théologie	12.0	16.9	12.9	9.6	22.5	11.6	12.5	23.8	33.3	21.2
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Effectif Total (N=388)	46	46	53	52	50	44	32	25	22	18

Note : En gris foncé, les deux disciplines ayant le pourcentage le plus élevé selon la cohorte. En gris clair, la troisième discipline la plus importante. Lecture du tableau : le pourcentage de 4.3% en haut à gauche indique que 4.3% des recteurs entre 1911

⁹² Le domaine des EPF comprend les Ecoles polytechniques fédérales de Zurich et de Lausanne, l'Institut Paul Scherrer (PSI), l'Institut fédéral de recherche sur la forêt, la neige et le paysage (WLS), le Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherche (EMPA) ainsi que l'Institut fédéral pour l'aménagement, l'épuration et la protection des eaux (EAWAG).

⁹³ Par exemple, la nomination de Patrick Aebischer à la présidence de l'EPFL en 2000 témoigne autant du prestige social de « sa » discipline, les sciences biomédicales, que de la volonté de la part des autorités politiques fédérales d'encourager la mise en place d'un régime *entrepreneurial* dans l'institution.

⁹⁴ Les années de référence sont les suivantes : 1910 pour la période 1911-1920, 1937 pour les périodes 1921-1930, 1931-1940 et 1941-1950, 1957 pour les périodes 1951-1960 et 1961-1970, 1980 pour les périodes 1971-1980 et 1981-1990 et 2000 pour les périodes 1991-2000 et 2001-2010. La distribution des professeurs par discipline et leur importance relative sont résumées dans l'annexe 6.3. Les chiffres bruts de la discipline pour les recteurs figurent dans l'annexe 6.4. Par exemple, la proportion brute des recteurs en biologie pour la période 1951-1960 est de 6% (3 recteurs en biologie sur un total de 50 recteurs). Comme les professeurs de biologie sont assez peu nombreux à cette période (38 professeurs sur 899, soit 4.2%), leurs chances relatives d'occuper des positions de recteur sont plus faibles que pour d'autres disciplines, à l'image des professeurs de médecine qui comptent pour 21.9% du total des élites académiques pour la période. Après pondération et normalisation, le pourcentage des recteurs en biologie grimpe à 11.9%, ce qui est bien plus élevé. En effet, la période compte 3 recteurs en biologie sur un total de 38 professeurs (0.8%) et 9 recteurs de médecine sur 197 professeurs (0.45%).

et 1920 sont des biologistes. Ce pourcentage est pondéré par l'importance relative de la discipline pour la période mesurée par la distribution des chaires professorales pour l'année de référence, ici 1910.

Lorsque l'on regarde la distribution simple (non pondérée) des disciplines des recteurs des universités suisses, il apparaît que ni la biologie, ni la chimie ne sont bien représentées dans les rectorats et ce pour toutes les périodes (voir annexes 6.4.1 et 6.4.2). La proportion des recteurs qui sont chimistes est très faible, entre 3 et 6% selon la cohorte. Pour la biologie, elle grimpe à 10% pour la cohorte de 1941-1950, sans toutefois marquer de tendance particulière à l'affirmation de la discipline, d'autant plus que les pourcentages diminuent ensuite et stagnent autour de 5 à 6% jusqu'en 2010.

Par contre, lorsque l'on observe les pourcentages pondérés, la biologie devient la discipline la mieux représentée entre 1941 et 1950 et la troisième plus importante entre 1951 et 1960. La forte représentation de la discipline est due au fort taux de professeurs de biologie qui ont effectivement occupé une telle position par rapport au nombre total de professeurs de biologie entre 1937 et 1957. Le pouvoir institutionnel de la biologie apparaît comme particulièrement marqué dans la période qui précède l'institutionnalisation de la biologie moléculaire (dont la première chaire est créée en 1963). Par contre, les professeurs de biologie sont bien moins présents à la fin du siècle, qui voit l'essor des sciences de la vie. La chimie demeure quant à elle peu représentée dans les rectorats, même après la pondération des pourcentages.

Concernant les autres disciplines, on constate que ce sont majoritairement les professeurs de droit, de physique et de théologie qui sont les plus présents dans les rectorats. La médecine, bien qu'elle compte un nombre important de recteurs, montre des pourcentages faibles au regard du nombre très important de professeurs de la discipline pour l'ensemble des périodes. Dans l'analyse que Bourdieu fait du champ académique dans *Homo academicus* (1984b), ce sont principalement les disciplines du pôle *mondain* du champ qui se retrouvent dans les fonctions exécutives des facultés. Ici, bien que le droit, la théologie et, dans une moindre mesure, les lettres soient souvent surreprésentés au regard de leur effectif, on retrouve aussi des représentants des disciplines du pôle *autonome*, à l'image de la physique, des mathématiques et de la biologie.

Si ces derniers sont nombreux, la question qui se pose est de savoir à quelle sous-discipline ils appartiennent. Durant la période de 1911 à 2010, on trouve 35 recteurs de biologie et de chimie sur un total de N=388, soit une proportion moyenne d'environ 9%. Les universités qui comptent le plus de recteurs de biologie et de chimie sont les Universités de Bâle (N=8), de Fribourg (N=6), de Neuchâtel (N=5) et de Berne (N=5). Le tableau 3.5 indique le nombre de recteurs par sous-discipline de la biologie et de la chimie.

Tableau 3.5 Disciplines des recteurs pour la biologie et la chimie (N=35)

Discipline	Biologie I	Biologie II	Chimie organique	Chimie inorganique et physique	Chimie industrielle et analytique
Effectif	11	8	6	8	2

Alors que la période de surreprésentation des biologistes correspond à celle de la montée de la biologie moléculaire, les recteurs sont plus nombreux en biologie I (N=11 recteurs) qu'en biologie II (N=8 recteurs), et la proportion de ces derniers n'augmente pas dans la période récente. En fait, on trouve des recteurs de biologie II dans les années 1940, 1950, 1960 et 1980, mais pas plus tard. Pour la chimie, c'est la chimie inorganique et physique qui est la mieux représentée (N=8 recteurs), devant la chimie organique (N=6) et la chimie industrielle et analytique (N=2). La discipline des recteurs montre assez clairement que les professeurs de biologie et de chimie ne sont pas ceux qui accèdent le plus facilement à la fonction exécutive la plus importante au sein des universités. Il semble également que

l'affirmation de la biologie moléculaire, et plus globalement de la biologie II, ne se traduit pas par l'occupation de telles fonctions.

4.2.2 Les fonctions de doyen des facultés des sciences

La seconde position de pouvoir temporel est celle de doyen des facultés. Si les tâches du recteur sont d'assumer la gestion de l'ensemble d'une institution académique, notamment de décider des orientations stratégiques, de coordonner les différentes facultés, de nommer le corps professoral et d'allouer les ressources disponibles, celles du doyen sont plutôt de gérer les affaires courantes de la faculté et de représenter ses intérêts auprès des autorités universitaires. Toutes les universités possèdent une faculté des sciences, mais les écoles polytechniques fédérales sont organisées d'une manière différente⁹⁵. L'EPFZ comprend de nombreuses « Abteilungen », chacune représentée au sein d'un comité par un membre du corps académique dont la fonction est équivalente à celle d'un doyen. La structure est similaire à l'EPFL, où chaque département est dirigé par un chef de département. Pour cette analyse, nous avons uniquement pris en compte les doyens des départements de biologie et de chimie, à défaut de les prendre tous. Comme nous disposons de l'ensemble des doyens (N=320) entre 1921 et 2000, il est à nouveau possible d'évaluer la place dédiée à la biologie et à la chimie par rapport aux autres disciplines (tableau 3.6).

Tableau 3.6 Disciplines des doyens des facultés des sciences (N=320)

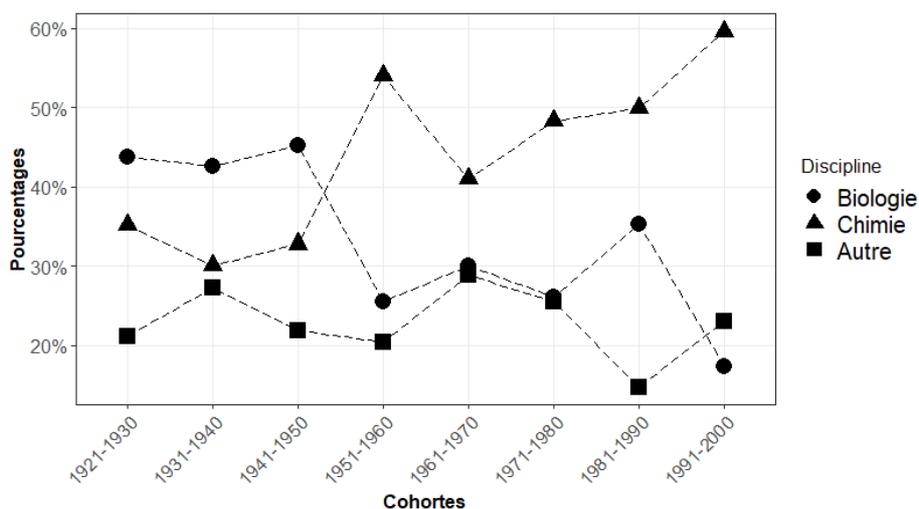
Discipline	Biologie	Chimie	Mathématiques	Médecine	Physique	Science de la terre	Autres disciplines
Effectif	61	89	35	13	49	54	19

Note : La catégorie « Autres disciplines » comprend l'informatique (3), les sciences techniques (2) et les sciences sociales dans les domaines de la géographie et de l'anthropologie (12) actuellement plutôt affiliés aux sciences sociales. Pour des raisons liées à la récolte de données (indisponibilité de certains volumes des *Almanachs universitaires suisses* avant 1920 et manque de données pour les doyens de l'EPFZ après 2000), nous avons limité la période de 1921 à 2000.

La biologie et la chimie sont mieux représentées dans les décanats des facultés des sciences qu'au sein des rectorats, ce qui peut être simplement dû à la nature différente de la fonction. La chimie apparaît comme la mieux représentée, avec 89 doyens. Elle est suivie par la biologie avec 61 doyens, puis les sciences de la terre (N=54 doyens) et la physique (N=49 doyens). Les professeurs de biologie qui accèdent à la fonction de doyen sont principalement des professeurs de biologie I. Au nombre de 39, ils sont presque deux fois plus nombreux que les doyens de biologie II (N=22). Dans le cas des professeurs de chimie, ce sont à nouveau les professeurs de chimie inorganique et physique qui sont les plus nombreux (N=48). Leur nombre est presque deux fois plus élevé que celui des professeurs de chimie organique (N=28). Les professeurs de chimie industrielle et analytique sont à nouveau fortement minoritaires en comptant un total de 13 doyens. Ces derniers sont presque tous des doyens de l'EPFZ, à l'exception d'un cas à l'Université de Lausanne et d'un cas à l'Université de Neuchâtel. A nouveau, on ne constate pas d'augmentation du nombre de doyens de biologie II dans la période récente et ceux-ci se répartissent sur l'entier de la période. La figure 3.8 montre l'évolution de la proportion des doyens de biologie et de chimie de 1921 à 2000. Les pourcentages représentés sont indiqués dans l'annexe 6.5.4.

⁹⁵ Nous avons choisi de ne pas prendre en compte les facultés de médecine pour cette partie car sur un total de 217 doyens, seulement 26 ne sont pas des professeurs de médecine. Sur ces 26 doyens, 25 sont des professeurs de sciences naturelles médicales et un seul est professeur de chimie (chimie pharmaceutique).

Figure 3.8 Proportion pondérée des doyens biologistes et chimistes (1921-2000)



Lecture du graphique : 43.7% des doyens pour la période 1921-1930 (N=46) sont des professeurs de biologie. Ce pourcentage est obtenu après une pondération et une normalisation basées sur la distribution des chaires professorales de l'ensemble des élites académiques pour l'année de référence concernée (ici : 1937, comme mentionné dans l'annexe 6.5.1). Les effectifs figurent dans l'annexe 6.5.2, les pourcentages non pondérés dans l'annexe 6.5.3 et les pourcentages pondérés et normalisés dans l'annexe 6.5.4.

Comme pour le cas des recteurs, la représentativité des disciplines intègre les différences de la distribution de celles-ci dans les cohortes (annexe 6.5.1). La figure 3.8 montre une progression de la proportion des professeurs de chimie, alors que celle des professeurs de biologie tend plutôt à diminuer avec le temps. Cette tendance à l'augmentation du nombre de chimistes dans les rectorats (annexe 6.5.2) est d'autant plus renforcée que les professeurs de chimie sont de moins en moins nombreux dans les facultés des sciences, en comparaison des autres disciplines (annexe 6.5.1). De manière générale, les doyens de chimie et de biologie sont plus nombreux que les doyens des autres disciplines. En pourcentages cumulés, les deux disciplines comptent en moyenne pour 75 à 80% des doyens, ne laissant que 20% des postes environ aux disciplines de la physique, des mathématiques, des sciences de la terre, des sciences techniques, de la médecine et des sciences sociales⁹⁶.

Durant la seconde partie du xx^e siècle marquée par l'ascension de la biologie moléculaire, la proportion des professeurs de biologie est relativement faible. La seule cohorte qui compte une proportion plus élevée de biologistes est celle de 1981 à 1990, qui précède l'institutionnalisation de la génomique et des sciences de la vie. Le lien entre la proportion de biologistes dans les décanats et le mouvement d'affirmation de la biologie fonctionnelle est cependant difficile à établir.

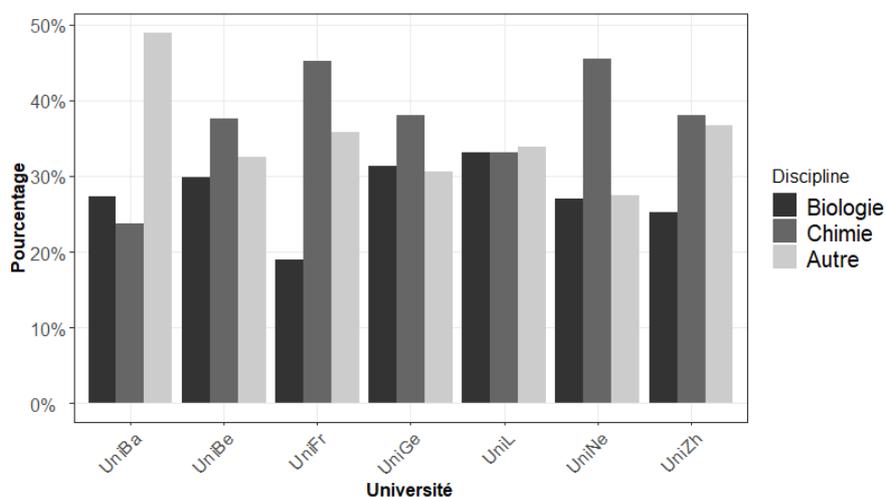
Lorsque l'on regarde enfin la répartition de la biologie et de la chimie par université, on constate un relatif équilibre dans la représentation des deux disciplines, sauf peut-être pour l'Université de Fribourg qui compte davantage de doyens chimistes que biologistes⁹⁷. Comme mentionné plus haut, les cas de l'EPFZ et de l'EPFL sont problématiques lorsqu'il s'agit de comparer les disciplines, puisque

⁹⁶ On trouve 12 professeurs de médecine humaine et de pharmacie, un professeur de sciences naturelles médicales (microbiologie) et dix professeurs de sciences sociales, dont sept professeurs de géographie humaine, deux de sciences économiques et un d'anthropologie et paléontologie humaine. Les disciplines de la médecine et des sciences humaines n'ont pas été incluses dans le calcul de la répartition des disciplines basées sur les chaires professorales de l'ensemble des élites académiques pour éviter une disproportion de la catégorie « Autre ».

⁹⁷ De manière générale, la répartition des doyens ne semble pas suivre la distribution des chaires professorales dans les universités, comme indiqué dans la partie consacrée à l'échantillon dans le chapitre 2.

nous n'avons pris en compte que les départements de biologie et de chimie. Nous les avons donc exclues de la figure 3.9 qui indique la répartition des disciplines des doyens selon les universités.

Figure 3.9 Disciplines des doyens des facultés des sciences (en % par université)



Lecture du graphique : 27.3% des doyens de l'Université de Bâle sont des professeurs de biologie. Comme pour les recteurs et les doyens, le graphique indique des proportions pondérées selon la distribution des chaires professorales au sein des universités.

En résumé, l'analyse des positions de pouvoir temporel montre, premièrement, que ni la biologie ni la chimie n'occupent une place réellement dominante dans les rectorats, à l'exception de la biologie dans les années 1940 à 1960. Par contre, la chimie compte un nombre de doyens relativement important par rapport aux autres disciplines. Deuxièmement, les résultats montrent que ce sont les professeurs de biologie I et de chimie inorganique et physique qui occupent les positions de pouvoir temporel, ce qui reflète une hiérarchisation différente de celle des chaires professorales (Q3).

Nous pouvons avancer quelques hypothèses pour tenter d'expliquer ce phénomène. D'abord, le faible taux de professeurs de biologie II accédant aux positions de pouvoir institutionnel pourrait témoigner d'un désintéressement de ceux-ci pour de tels postes, marquant peut-être un degré de professionnalisation et d'autonomisation très élevé de ce pôle de la biologie. Il pourrait aussi être le résultat d'une stratégie des professeurs de biologie I pour contrecarrer l'ascension de la biologie fonctionnelle sur le plan scientifique en renforçant leurs positions dans les lieux de décisions stratégiques. Une autre hypothèse pourrait être liée au développement des sciences du vivant à l'extérieur de la sphère académique, si bien que les professeurs de biologie II privilégieraient par exemple la direction de groupes de recherche ou de plateformes technologiques plutôt que les positions exécutives dans les institutions académiques. Dans le cas de la chimie, il est intéressant de remarquer que c'est le pôle le plus fondamental qui est aussi le mieux représenté au sein des rectorats et des décanats. En théorie, la recherche fondamentale est plutôt reliée au pôle autonome du champ académique, mais peut-être que le cas de la chimie montre un autre type de relation entre capital scientifique et capital institutionnel. Nous reviendrons sur cet enjeu des logiques de structure interne des disciplines dans le chapitre 4.

4.3 L'Académie suisse des sciences naturelles

Après nous être intéressé aux positions occupées par les professeurs au sein des structures académiques, cette partie et la suivante se focalisent sur deux institutions de promotion et de financement de l'activité scientifique : l'Académie suisse des sciences naturelles (ASSN) et le Fonds national suisse de la recherche scientifique (FNS). S'intéresser aux académies des sciences, et ici plus particulièrement à l'ASSN, permet d'aborder un aspect important de la reconnaissance institutionnelle des disciplines : celle de la construction historique de leur légitimité publique ou, dans les termes de Bourdieu (2001 : 104), la « légitimation par la reconnaissance publique » qui est un critère central de la définition d'une discipline⁹⁸. Les académies s'opposent en quelque sorte aux sociétés savantes (Weibel 2013) des XVIII^e et XIX^e siècles du point de vue de leurs objectifs et du profil de leurs membres. Si ces dernières regroupent généralement l'ensemble des sciences et de leurs praticiens, avec pour fonction principale de montrer un « front uni », en réalité les sciences sont de plus en plus spécialisées et autonomes et les académies n'accueillent en leur sein que « l'élite de savants » (Gingras 2013 : 48). Le cas de l'ASSN illustre parfaitement cette opposition. Lorsqu'ils se penchent sur son histoire, Kupper et al. (2015 : 286) relèvent que « bien qu'à sa fondation, la SHSN ait eu à cœur de s'adresser à une large base de membres – dont des « jardiniers cultivant des fleurs » ou des « agriculteurs, si tant est qu'ils pouvaient penser » – et de tenir compte des « états de la fortune » fort inégaux chez les amis de la nature, elle se transforma au cours des décennies, comme toutes les associations de cette époque, en une société de bourgeois aisés ». L'ASSN est un lieu privilégié pour la production d'expertise en lien avec l'académie et les pouvoirs publics au travers de ses différentes *commissions* destinées à étudier des questions spécifiques qui lui sont souvent soumises par les autorités politiques⁹⁹ (Kupper et al. 2015).

L'ASSN est une association indépendante regroupant des sociétés scientifiques régionales et légalement reconnue comme une organisation d'encouragement à la recherche. Elle est la plus ancienne et la plus importante société scientifique nationale (Fleury & Joye 2003 : 127). Tout comme les autres académies disciplinaires helvétiques¹⁰⁰, elle assure le rôle de porte-parole de la communauté scientifique (Lepori 2007). Le champ académique suisse étant resté très fortement décentralisé et organisé d'abord selon une logique d'autorité exercée par les cantons durant le XX^e siècle, avec les universités cantonales comme principaux centres de la recherche et de l'enseignement, les institutions scientifiques nationales ont émergé assez tardivement et leurs compétences formelles ainsi que leurs moyens financiers ne se sont élargis que progressivement (Benninghoff & Leresche 2003). L'ASSN est créée en 1815 sous le nom de Société suisse des sciences naturelles (SHSN) et sous la forme d'une « organisation faïtière « modeste et sans prétention » qui s'efforçait de créer des relations à l'intérieur d'un paysage scientifique résolument polycentrique et de la représentation vis-à-vis des autorités fédérales » (Kupper et al. 2015 : 274)¹⁰¹. Elle subira ensuite plusieurs réorganisations pour

⁹⁸ Kupper et al. (2015) se réfèrent d'ailleurs directement à l'analyse de Bourdieu en faisant le constat que le savoir scientifique ne se base pas, en premier lieu, sur les performances d'un seul individu, mais sur des processus d'échanges sociaux ainsi que des hasards. « Ces exemples renvoient à ce que le sociologue français Pierre Bourdieu a toujours décrit comme la caractéristique du « champ scientifique » : la science n'évolue pas seulement en fonction de constatations et d'arguments. En coulisses, les chercheurs se livrent à une « lutte » constante et acharnée pour le pouvoir institutionnel, l'adhésion à leurs idées et donc, pour être reconnus par leurs collègues et concurrents influents dans leur propre discipline » (Kupper et al. (2015 : 277).

⁹⁹ Dans le texte : « une plaque tournante pour la collaboration scientifique fondée entre chercheurs, ainsi qu'une source importante d'expertise scientifique et un intermédiaire d'expertise scientifique au bénéfice de la Confédération suisse » (Kupper et al. 2015 : 282).

¹⁰⁰ Il s'agit de l'Académie suisse des sciences médicales fondée en 1943 (ASSM), de l'Académie suisse des sciences humaines et sociales fondée en 1946 (ASSH) et de l'Académie suisse des sciences techniques fondée en 1981 (ASST).

¹⁰¹ A partir de 1974, la SHSN permet des affiliations collectives à ses sociétés régionales et sociétés spécialisées. Les Actes de la Société helvétique des sciences naturelles mentionnent ses membres collectifs dès 1976. Dans la liste, on retrouve le

devenir progressivement une véritable société de promotion de la recherche scientifique. Elle devient une académie en 1988 et prend finalement le nom d'Académie suisse des sciences naturelles en 2004.

On dénombre un certain nombre de commissions recensées dans les rapports d'activité de l'ASSN ayant pour fonction de créer et de maintenir un lien avec les autorités politiques de la Confédération. La première commission (Commission pour l'étude et la comparaison des poids et des mesures suisses) est créée en 1822. C'est surtout à partir de 1860 que les commissions vont se multiplier, date à laquelle le Conseil fédéral attribue pour la première fois des subventions à l'ASSN pour la réalisation d'une carte géologique de la Suisse. La Commission géologique sera mise sur pied la même année avec pour objectif de coordonner le Service géologique national de la Confédération, mission qu'elle maintiendra jusqu'en 1986. Le soutien de la Confédération augmentera par la suite et d'autres commissions seront créées, telles que les Commissions de géodésie (1861), de météorologie (1862), d'hydrométrie (1863), des tremblements de terre (1887) et de géotechnique en 1899. Ces différentes commissions étaient dans l'ensemble destinées à fournir de l'expertise scientifique nécessaires aux projets d'infrastructures nationaux, tels que la construction des chemins de fer et des routes. Elles seront à la base de la création de différents centres et stations à l'échelle nationale, comme la Station centrale suisse de météorologie (Kupper et al. 2015 : 287).

Outre les commissions, l'ASSN regroupe aussi les sociétés des différentes sous-disciplines des sciences naturelles. En 1915, elle en compte sept, aux côtés de 13 commissions. En 2000, on dénombre 43 sociétés spécialisées, dont 22 seulement pour la biologie. La chimie par contre n'en compte qu'une seule sur la majeure partie du xx^e siècle. La création de sociétés est un des indicateurs importants de l'institutionnalisation des disciplines. De plus, l'année où une société rejoint effectivement l'ASSN peut être considérée comme un indicateur supplémentaire de reconnaissance, notamment dans une logique « par les pairs ». Enfin, la création, la fin ou la fusion de sociétés spécialisées renseignent sur le degré d'unité ou, au contraire, de diversification qui varie fortement pour la biologie et la chimie.

4.3.1 La diversification des sociétés spécialisées

Les premières sociétés spécialisées font leur apparition à la toute fin du xix^e siècle. Dans l'ordre chronologique, la Société géologique suisse est fondée en 1882, la Société botanique suisse en 1890, la Société zoologique suisse en 1894, la Société suisse de chimie en 1901, la Société suisse de physique en 1908, la Société mathématique suisse en 1910 et la Société suisse d'entomologie en 1913. Si ces sociétés sont à proprement parler *disciplinaires* – une société pour la physique, une autre pour la chimie et une troisième pour les mathématiques – on ne trouve pas de société de *biologie*, mais trois sociétés différentes pour la botanique, la zoologie et l'entomologie. L'adhésion de sociétés spécialisées à l'ASSN est un bon indicateur de la reconnaissance institutionnelle dont peut bénéficier une sous-discipline. Comme dit plus haut, la création d'une société est une étape importante dans le processus d'institutionnalisation d'une discipline ou d'une spécialisation. La reconnaissance de celle-ci de la part de l'association faitière peut être considérée comme une étape supplémentaire, comme une affirmation, ou une confirmation de sa reconnaissance scientifique. Afin de traiter cet enjeu, nous nous sommes penché sur les rapports d'activité de l'ASSN de 1900 à 2000¹⁰². Jusqu'en 1999, ces volumes contiennent des informations sur la composition du comité central, des différentes associations membres, un rapport annuel pour chaque société spécialisée, des publications et des articles scientifiques et, parfois, des nécrologies. Malgré une structure plus ou moins standard de ces

Conservatoire et le Jardin botanique de Genève, et l'Acquisition Department University Library of California, mais aussi des entreprises du secteur chimique et pharmaceutique : Ciba-Geigy AG, Sandoz G, Givaudan SA et la Migros.

¹⁰² Ces rapports ont été numérisés et sont disponibles en ligne sur le site e-periodica.ch (anciennement retro:seals.ch). Ils sont disponibles à partir de 1838 jusqu'à 1977 sous l'intitulé « Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles », de 1978 à 1987 sous celui d'« Annuaire de la Société Helvétique des Sciences Naturelles », puis de 1988 à 2003 sous le titre « Annuaire / Académie Suisse des Sciences Naturelles ».

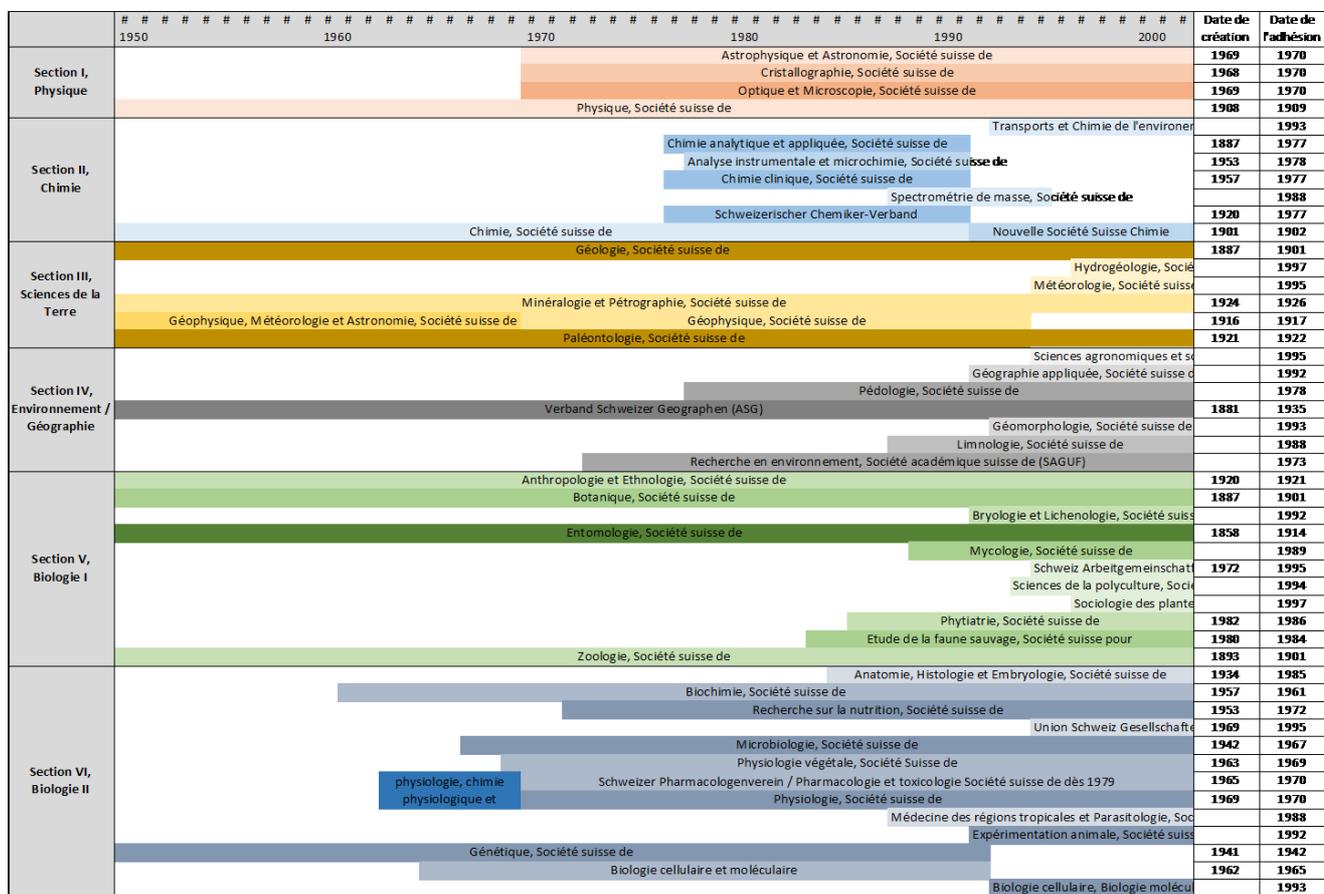
rapports, le contenu des différentes rubriques varie fortement en volume comme en qualité. En parcourant chacun des rapports d'activité de l'ASSN de 1900 à 2000, nous avons retenu l'année du volume dans lequel les sociétés publiaient un rapport pour la première fois ainsi que leur date de création. Depuis 1988 et la transformation de la Société helvétique des sciences naturelles en académie, les différentes sociétés spécialisées sont regroupées en sept sections.

Tableau 3.7 Les sections de l'Académie suisse des sciences naturelles

Section I	Section II	Section III	Section IV	Section V	Section VI	Section VII
Physique	Chimie	Sciences de la terre	Environnement Géographie	Biologie I	Biologie II	Mathématiques Logique et philosophie des sciences Histoire de la médecine

Chaque discipline est affiliée à une seule section, à l'exception de la biologie qui est divisée en deux : la biologie I et la biologie II. On retrouve ainsi très clairement ici la distinction entre les deux biologies telle qu'elle a déjà été présentée auparavant. La figure 3.10 présente les différentes sociétés spécialisées de l'ASSN en indiquant leur affiliation aux différentes sections, leur date de fondation ainsi que la date à laquelle elles apparaissent pour la première fois dans les rapports d'activité. Elles ont été classées comme si elles avaient été affiliées à une section depuis leur adhésion. Bien que cela soit un peu anachronique, cette démarche permet une lecture plus aisée. Si notre analyse se centre sur la biologie et de la chimie, il est intéressant de montrer également les autres disciplines à titre de comparaison. La figure est bornée entre 1950 et 2000, car les changements sont très peu nombreux durant la première partie du xx^e siècle. La seconde, par contre, montre un véritable mouvement de diversification des sociétés disciplinaires.

Figure 3.10 Evolution des sociétés spécialisées de l'ASSN (1950-2000)



Source : Rapports d'activité de l'ASSN (1900-2000) disponibles sur le site e-periodica.ch.

Ce que l'on peut remarquer en premier, c'est le mouvement de diversification des sociétés spécialisées qui débute dans les années 1960. Celui-ci ne touche pas les sections de manière homogène ni en termes de temporalité ni en termes de nombre de sociétés. La Section I – Physique ne compte qu'une seule société, la Société suisse de physique, jusqu'en 1968, date à laquelle sont créées trois nouvelles sociétés qui perdureront au moins jusqu'en 2000. La Section III – Sciences de la terre regroupe quatre sociétés principales, toutes fondées avant 1950 : la Société de géologie, la Société de minéralogie et pétrographie, la Société de paléontologie et la Société de géophysique, météorologie et astronomie. Cette dernière change de nom et devient la Société de géophysique en 1970, date à laquelle la Société d'astrophysique et d'astronomie est rattachée à l'ASSN au sein de la Section de physique. Nous le verrons, le cas de l'astronomie n'est pas le seul exemple de changements d'affiliation disciplinaire au niveau institutionnel. La Section IV – Environnement / Géographie réunit des sociétés créées plus tardivement, mis à part le Verband Schweizer Geographen, fondé en 1881 en tant qu'*Association faîtière des géographes suisses* et apparaissant dans les rapports dès 1935. A partir des années 1970, de nouvelles sociétés sont créées dans les domaines de la recherche en environnement (1973) et de la pédologie (1978), puis de la limnologie (1988), de la géographie appliquée (1992), de la géomorphologie (1993) et des sciences agronomiques en 1995.

Nous nous consacrons maintenant plus spécifiquement aux sections de biologie et de chimie. Le cas de la Section II – Chimie est assez particulier. Comme la physique, la section de chimie compte une seule société durant la majeure partie du xx^e siècle. Fondée en 1901 et apparaissant dans les rapports d'activité de l'ASSN dès 1902, la Société suisse de chimie demeure la seule représentante de la branche au sein de l'Académie jusqu'en 1977, incluant les membres du corps académique autant que la « research-oriented chemical community in industry » (Kalvoda 2001). A ce moment, quatre sociétés spécialisées rejoignent l'Académie : la Société suisse de chimie analytique et appliquée, la Société suisse d'analyse instrumentale et microchimie, la Société suisse de chimie clinique et le Schweizerischer Chemiker-Verband, une association professionnelle du secteur de la chimie¹⁰³. Cette dernière fusionnera avec la Société suisse de chimie en 1992 pour donner la Nouvelle société suisse de chimie. En 2001, elle reprendra le nom de Société suisse de chimie¹⁰⁴ (Kalvoda 2001). Ce qui est intéressant, c'est qu'il existe deux sociétés dont la création est antérieure à celle de la Société suisse de chimie. Bien qu'elle ne rejoigne l'Académie qu'en 1977, la Société suisse de chimie analytique et appliquée est créée en 1887, cinq ans après la Société suisse des industries chimiques, groupe d'intérêt et faîtière des entreprises de l'industrie chimique.

La Section V – Biologie I ressemble à la Section III – Sciences de la terre. Elle regroupe quatre sociétés principales et se différencie tardivement. Les sociétés suisses de botanique, de zoologie, d'entomologie et d'anthropologie et d'ethnologie semblent former le noyau central de la section, qui se diversifie au milieu des années 1980 avec la création puis l'adhésion à l'ASSN d'autres sociétés spécialisées reflétant des sous-domaines de recherche plus spécifiques. Les premières sont la Société suisse pour l'étude de la faune sauvage (1984), la Société suisse de phytologie (1986), la Société suisse de mycologie (1989) et la Société suisse de bryologie et lichenologie (1992).

¹⁰³ Il ne faut pas confondre le Schweizerischer Chemiker-Verband avec la Société suisse des industries chimiques, fondée en 1882 comme association politique et économique et devenue SSIC Chimie Pharma Suisse en 2003 puis scienceindustries en 2011 (DHS 2016 Walter Dettwiler). Selon le site internet de cette dernière : « scienceindustries est l'organisation économique du secteur suisse chimie-pharma biotech. Elle regroupe plus de 250 entreprises actives en Suisse en ce domaine, ainsi que d'autres industries fondées sur les progrès scientifiques. Elle est aussi un membre important d'économiesuisse, l'association faîtière du monde économique suisse » Consulté le 23 juillet 2018.

¹⁰⁴ Les premiers rapprochements entre la Société suisse de chimie et le Schweizerischer Chemiker-Verband s'opèrent en 1986 (Kalvoda 2001).

La Section VI – Biologie II est la première de toutes les sections à se différencier et est aussi celle qui regroupe le plus grand nombre de sociétés. La première à être affiliée à la biologie II est la Société suisse de génétique, créée en 1941 et rattachée à l'ASSN l'année suivante, demeurant la seule société proche du domaine de la microbiologie pendant 20 ans. Il convient de rappeler cependant que durant ces années, la génétique reste une branche relativement autonome et ne peut pas vraiment être considérée comme l'une des sous-disciplines de la biologie (Morange 2016). Formellement, la Société suisse de génétique perdure jusqu'en 1993, date à laquelle elle fusionne avec la Société suisse de biologie cellulaire et moléculaire (fondée en 1962 et adhérente en 1965) pour prendre le nom de Société suisse de biologie cellulaire, biologie moléculaire et génétique. La deuxième société qui adhère à l'ASSN au tournant des années 1960 est la Société suisse de biochimie. Fondée en 1957, elle apparaît pour la première fois dans les rapports d'activités de l'Académie en 1961. Ce cas est assez intéressant, car sa fondation coïncide avec celle d'une autre société, cette fois du domaine de la chimie, la Société de chimie clinique. Dans une plaquette commémorative consacrée à l'histoire de cette dernière, Frei et Brechelbühler (1990) relèvent qu'au départ, il existait une volonté de ses membres fondateurs de s'associer avec une société de biochimie, encore inexistante à ce moment-là. « Deux possibilités ont été envisagées : la formation d'un organisme autonome ou l'association avec une société suisse de biochimie. Cette dernière n'existant pas encore, la deuxième possibilité fut écartée, provisoirement à l'époque ». Le rapprochement potentiel de ces deux spécialisations n'est pas si étonnant, puisque les deux disciplines dérivent de la chimie physiologique. Le premier président de la Société de chimie clinique est d'ailleurs Hugo Aebi, professeur à l'Université de Berne (1954-1983) et premier détenteur d'une chaire de biochimie en Suisse.

Si les sous-disciplines de la biochimie et de la chimie clinique n'ont finalement pas fusionné, le cas de la Société suisse de physiologie, chimie physiologique et pharmacologie fondée en 1932 témoigne d'un mouvement progressif d'autonomisation des disciplines qui la composent. Elle adhère à l'Académie en 1963 avant de donner naissance à deux sociétés distinctes : la Société suisse de pharmacologie et toxicologie en 1965, et la Société suisse de physiologie en 1969, pour être ensuite dissoute à la même date. Ainsi, alors que ces disciplines apparentées à la biologie (physiologie), à la chimie (chimie physiologique) et à la médecine (pharmacologie) formaient une seule société avant les années 1960, elles se retrouvent bien distinctes par la suite avec la pharmacologie et la physiologie dans la Section VI – Biologie II, et la chimie clinique en Section II – Chimie¹⁰⁵. Enfin, trois dernières sociétés vont adhérer à l'ASSN à cette période. La Société suisse de microbiologie, créée en 1942, adhère en 1967. La Société suisse de physiologie végétale fondée en 1963 adhère en 1969 et la Société suisse de recherche sur la nutrition, fondée en 1953, rejoint l'ASSN en 1972. D'autres viendront encore s'ajouter pour compter au total 11 sociétés en 2000 pour la biologie II.

Ce portrait du paysage scientifique helvétique par le biais des différentes sociétés spécialisées montre un mouvement d'autonomisation et de spécialisation progressive des disciplines. Il permet également de constater des différences significatives dans l'organisation de la biologie et de la chimie. La première est divisée en deux sections distinctes, comprenant chacune un nombre croissant de sociétés spécialisées disciplinairement et reflétant le caractère hétérogène de la discipline. Un point intéressant est que, comme pour les chaires professorales, la biochimie et la biologie moléculaire créent leurs sociétés à des dates assez proches, en 1957 pour la première et en 1962 pour la seconde. La chimie est beaucoup plus centralisée que la biologie avec une société englobant à la fois les intérêts des chercheurs dans l'académie et dans l'industrie. Contrairement à la biologie qui est organisée en

¹⁰⁵ Il existe d'ailleurs une autre société plus ancienne portant le nom de Société suisse de biologie médicale, fondée en 1917, adhérente à la même date et disparaissant des rapports d'activités en 1963, date d'adhésion de la Société suisse de physiologie, chimie physiologique et de pharmacologie.

fonction de nombreuses spécialisations, les associations de la chimie sont plutôt divisées selon des secteurs d'activité : la Société suisse de chimie représente la recherche académique, la Société suisse des industries chimiques les intérêts des entreprises du secteur et la Société suisse de chimie analytique et appliquée ceux de la chimie alimentaire et l'hygiène¹⁰⁶. Enfin, l'Association des chimistes suisses représente les chimistes praticiens en entreprise¹⁰⁷. Les deux revues principales de la chimie, *Helvetica Chimica Acta* et *Chimia*, reflètent aussi cette distinction par sphère d'activité. La première est éditée par la Société suisse de chimie (sphère académique) depuis 1918 et la seconde par le Schweizerischer Chemiker-Verband (sphère économique) depuis 1947.

4.3.2 Le profil des membres du Comité central de l'ASSN

L'analyse des sociétés spécialisées a montré deux logiques disciplinaires différentes pour la biologie et la chimie. Elle a également souligné, en particulier pour cette dernière, qu'il existait des relations entre les sphères académique, politique et privée et que les intérêts académiques n'étaient pas les seuls représentés au sein de l'ASSN. Dans cette deuxième partie, nous nous intéressons aux profils disciplinaires des membres de son Comité central. Le choix d'analyser la composition de cet organe plutôt que des comités des sociétés spécialisées a été motivé par deux raisons. Premièrement, il représente l'organe décisionnel de l'institution et est donc le lieu principal des luttes entre les représentants des disciplines. Les sociétés spécialisées sont relativement autonomes et peuvent agir indépendamment les unes des autres avec comme objectif la promotion de leurs propres intérêts¹⁰⁸. C'est en revanche au Comité central que reviennent les tâches de conduite stratégique, d'approbation des budgets et de représentation de l'ASSN dans l'espace public¹⁰⁹. Deuxièmement, il est possible de s'intéresser à l'ensemble du comité et ainsi de questionner la place qu'occupent les représentants de la biologie et de la chimie par rapport aux autres disciplines. Au vu de l'importante différence de structuration et d'organisation des disciplines, il aurait été impossible de mener pareille tentative pour les sociétés spécialisées, tant elles sont nombreuses et diversifiées. Le problème est renforcé par le manque de systématique dans les sources, car la composition des comités des sociétés spécialisées n'est pas nécessairement renseignée dans les rapports d'activité de l'ASSN.

A travers ces rapports, il a donc été possible de lister l'ensemble des membres du Comité central et de rechercher les disciplines des membres du corps académique, ou la sphère d'activité (économique, politique ou administrative) pour les membres non académiques. Afin de nous focaliser sur la période de diversification des disciplines qui concerne surtout la seconde moitié du xx^e siècle, nous avons considéré la composition du comité central entre 1941 et 2000. On dénombre un total de N=88 individus qui ont été membres du Comité central de l'ASSN. Comme les mandats peuvent être longs,

¹⁰⁶ Ce sont les trois grandes sociétés suisses de chimie mentionnées par le président du Conseil de la chimie suisse, organe représentant, en Suisse, l'Union internationale de chimie fondé en 1937 (Briner 1950, Actes de la Société helvétique des sciences naturelles, Band 130, 1950). Par la suite, la Société suisse de biochimie, la Société suisse de chimie clinique, la Société suisse d'analyse instrumentale et microchimie et le Schweizerischer Chemiker-Verband sont également affiliés au Comité suisse de la chimie (Cherbuliez 1969, Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles, Band 149, 1966). L'actuelle SFC fut fondée en 1887 sous le nom d'Association suisse des chimistes analystes (ASCA). Conçue à l'origine comme plateforme de rencontres et de discussions pour les chimistes travaillant dans les laboratoires cantonaux, l'ASCA s'est ouverte, en 1887 déjà, aux chimistes d'autres domaines et aux pharmaciens s'occupant d'analyses chimiques. En 1943, l'ASCA devient la Société suisse de chimie analytique et appliquée (SSCAA) puis acquiert en 1991 le nom de Société suisse de chimie alimentaire et environnementale (SSCAE). La nouvelle dénomination d'aujourd'hui (SFC) a été adoptée en 2015 avec l'idée de mettre l'accent sur l'analyse des aliments et les objets usuels. Source : <http://swissfoodchem.ch/fr/237-2/statuten-geschichte/> Consulté le 23 juillet 2017.

¹⁰⁷ Le Schweizerischer Verband Diplomierter Chemiker FH (SVC) qui est l'association des diplômés HES en chimie, issue de l'Union suisse des chimistes diplômés techniques (USCT) créée en 1946.

¹⁰⁸ Voir par exemple les statuts de la Société suisse de chimie

¹⁰⁹ https://sciencesnaturelles.ch/organisations/scnat/portrait/executive_board

certaines peuvent se retrouver dans plusieurs des cohortes indiquées dans le tableau ci-dessous. En additionnant les mandats pour chaque cohorte, on trouve un total de N=128 mandats.

Tableau 3.8 Effectifs du Comité central de l'ASSN entre 1941 et 2000 (N=128 mandats)

Cohorte	1941-1950	1951-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000
Effectif (N=128)	8 (4)	15 (6)	9 (4)	21 (7)	40 (11)	35 (6)

Note : Certains individus peuvent être comptés plusieurs fois, si leur mandat dépasse les limites d'une cohorte. A titre informatif, les effectifs entre parenthèses indiquent les membres siégeant dans au moins une autre institution de régulation scientifique : le FNS, le Conseil suisse de la science et de l'innovation (CSSI), la Commission pour la technologie et l'innovation (CTI), la Commission suisse d'étude pour l'énergie atomique, la Conférence des recteurs des universités suisses (CRUS), le Conseil des Ecoles polytechniques fédérales (CEPF), l'Association suisse des enseignants d'université (ASEU) et les autres académies des sciences (ASSM, ASSH et ASST).

Les effectifs du comité sont plus importants à la fin qu'au début de la période observée. Par contre, le nombre de membres siégeant dans au moins une autre institution reste relativement stable, à part pour la cohorte 1981-1990 où il est un peu plus élevé. Dans l'ensemble, la proportion de membres multipositionnés est relativement élevée, ce qui indique que l'ASSN n'est pas isolée des autres institutions et témoigne d'une certaine coordination du pouvoir de régulation de l'espace académique suisse.

Ce qui nous intéresse ici, c'est la distribution des disciplines des membres du Comité central. Dans leur quasi-majorité, ces derniers sont issus du monde académique et sont professeurs d'une université suisse. En ne comptant que les membres uniques (N=88), c'est-à-dire en évacuant les mandats sur plusieurs cohortes, on compte 84 individus qui sont professeurs¹¹⁰. Parmi les cinq autres membres, deux proviennent de la sphère administrative, un de la sphère économique et un de la sphère politique¹¹¹. Comme les membres du comité sont presque tous des professeurs, il est possible de renseigner leur discipline, comme indiqué dans le tableau 3.9.

Tableau 3.9 Discipline des membres académiques du Comité central de l'ASSN (N=84 individus)

Discipline	Biologie	Chimie	Mathématiques	Médecine	Physique	Sciences de la terre
Effectif (N=84)	20 (7)	14 (4)	9 (1)	12 (4)	14 (6)	15 (3)

Note : Les effectifs entre parenthèses indiquent les membres siégeant dans au moins une autre institution de régulation scientifique.

Chaque section est représentée au sein du Comité central. Sur les 84 membres de la sphère académique, 20 sont des biologistes et 14 sont des chimistes. Comparé aux autres disciplines, les professeurs de biologie sont plus nombreux mais ne sont pas significativement surreprésentés. Ils font par contre partie des membres les plus multipositionnés et l'on pourrait faire l'hypothèse qu'ils possèdent un certain pouvoir dans la coordination entre les différentes institutions. Contrairement à ce qui a pu être observé pour les recteurs et les doyens, les professeurs de biologie II (N=14 professeurs)

¹¹⁰ Bien qu'Ernest Bovay ne soit pas professeur, il est directeur de la Station de recherche en chimie agricole et il a été inclus comme représentant de la chimie organique.

¹¹¹ Il s'agit d'Ernest Bovay, directeur de la Station de recherches en chimie agricole et sur l'hygiène de l'environnement, Liebefeld-Berne, de Lukas Hauber, géologue cantonal à Bâle, de Luc Tissot, directeur de Tissot AG et ingénieur EPFL, et de Stéphanie Mörkofer-Zwez, détentrice d'un doctorat en biologie de l'Université de Berne, chercheuse au Département de biochimie de l'Université de Bâle et directrice du département de la santé du canton d'Argovie. Enfin, il y a Max Salm pour lequel aucune information n'a pu être trouvée en dehors du fait qu'il a obtenu un doctorat en lettres et qu'il a été membre du CSSI. On trouve aussi des représentants de la sphère économique dans les comités des sociétés spécialisées. Pour l'anecdote, en 1978, le président de la Société suisse de chimie est le Dr. J. Rutschman, de chez Sandoz, et le président de la Société suisse de microbiologie est le Dr. J. Nüesch, de chez Ciba-Geigy, tout comme le président de la Société suisse de physiologie, le professeur H. Wirz. Source : Annuaire de la Société Helvétique des Sciences Naturelles, Band 158, 1978.

sont bien plus nombreux au comité central de l'ASSN que les professeurs de biologie I (N=6 professeurs). La répartition des domaines de la chimie est plus équilibrée et l'on dénombre N=8 représentants de la chimie organique et N=6 de la chimie inorganique ou physique. Par contre, la chimie industrielle n'est pas du tout représentée au sein du comité. Enfin, le domaine de la médecine compte cinq professeurs de médecine humaine, trois professeurs de physiologie, deux de pharmacologie, un de biochimie et un professeur de génétique médicale.

La comparaison de la composition disciplinaire du comité par cohorte montre quelques variations qui vont plutôt dans le sens d'une augmentation avec le temps de la proportion des biologistes qui occupent 12.5% des mandats entre 1941 et 1950, jusqu'à 30% pour la cohorte 1981-1990. Ce taux redescend cependant à 25% pour la dernière cohorte (tableau 3.10).

Tableau 3.10 Discipline des membres académiques du Comité central de l'ASSN par cohorte (N=122 mandats pour les membres de la sphère académique)

	Biologie I	Biologie II	Chimie inorganique	Chimie organique	Math	Physique	Sciences de la terre	Médecine	Total
1941-1950	1	0	2	1	0	2	1	1	8
1951-1960	2	1	2	0	2	2	3	3	15
1961-1970	0	2	1	0	2	1	2	1	9
1971-1980	0	5	1	3	2	3	4	2	20
1981-1990	4	6	2	5	3	5	6	6	37
1991-2000	1	5	1	2	3	7	6	8	33
Total	8	19	9	11	12	20	22	21	122

Les mandats au comité sont bien répartis selon les disciplines, à l'exception des mathématiques qui en comptent environ deux fois moins que les autres. Comme pour le cas des doyens des facultés des sciences, la cohorte de 1981-1990 est celle qui compte le plus de professeurs de biologie (N=10). On constate aussi une augmentation du nombre de mandats confiés à des professeurs de biologie II à partir des années 1970 jusqu'à la fin de la période. Au total, ces derniers cumulent 19 mandats, alors que les professeurs de biologie I en comptent seulement huit. On peut aussi noter une augmentation dans la période récente du nombre de professeurs de physique, de sciences de la terre et de médecine.

Ce qu'indiquent les disciplines représentées au sein du Comité central de l'ASSN, c'est que le pouvoir temporel rattaché à la fonction de membre semble différent de celui rattaché à celles de recteur et de doyen (Q3). Pour la biologie, ce sont en effet plutôt des professeurs de biologie II, le pôle le plus « prestigieux » de la discipline, qui siègent au comité, alors que ce sont majoritairement des professeurs de biologie I qui sont représentés dans les rectorats et surtout les décanats. Ainsi, si le capital institutionnel associé aux fonctions exécutives dans les universités semble s'opposer au capital scientifique, comme le suggère Bourdieu (1984a), nous pouvons faire l'hypothèse que celui qui est rattaché aux fonctions de membre des organisations de promotion de la recherche telles que l'ASSN et, comme nous le montrerons, que le FNS, peut être interprété comme une seconde forme de capital institutionnel qui se marie mieux au capital scientifique que la première pouvant davantage être interprétée comme un lieu de résistance. Nous avons aussi pu montrer que les sous-disciplines de la chimie ne semblaient pas autant hiérarchisées que dans le cas de la biologie. Il est ainsi plus difficile de confirmer cette hypothèse pour les professeurs de chimie pour l'instant, mais nous y reviendrons plus en détail dans le prochain chapitre consacré à la distribution des capitaux dans l'espace des professeurs.

Le focus sur les sociétés spécialisées a pu montrer deux dimensions intéressantes des transformations de la hiérarchie disciplinaire. D'abord, nous avons constaté une diversification des sous-disciplines de la biologie bien plus importante que pour toutes les autres disciplines et qui concerne surtout le

courant de la biologie *fonctionnelle*. Nous avons également montré que la biologie et la chimie étaient organisées de manière assez différente. La biologie est institutionnellement séparée en deux, avec la biologie I et la biologie II, alors que la chimie est beaucoup plus centralisée, la chimie académique étant organisée autour d'une seule société, la Société suisse de chimie.

4.4 Le Fonds national suisse de la recherche scientifique

Le Fonds national suisse de la recherche scientifique (FNS) est le principal organisme de financement et de promotion de la recherche en Suisse. Il est créé en 1952 comme le premier organe public national entièrement dévoué au financement de la recherche scientifique (Fleury & Joye 2003 : 88). Auparavant, les financements par l'Etat fédéral se limitaient à ses propres services et infrastructures ainsi qu'au domaine des EPF¹¹². Les universités demeuraient quant à elles sous l'autorité des différents cantons. La création du FNS marque le début d'une collaboration entre, d'une part, les acteurs scientifiques qui gèrent l'institution et, d'autre part, la sphère politique qui le finance (Fleury & Joye 2003 : 89). A partir de sa création, le FNS devient rapidement une instance centrale de l'organisation scientifique et disciplinaire. Il a rendu possible la création d'une élite scientifique nationale qui organise la distribution des ressources symboliques et matérielles de la science, et ainsi une certaine forme de stratification de l'autorité au sein du champ scientifique (Benninghoff & Braun 2010 : 10).

L'obtention de financements est un enjeu majeur pour les agents du champ scientifique et l'analyse, d'une part, de la distribution du nombre de projets ainsi que des montants accordés et, d'autre part, des membres de l'institution nous permet d'aborder différentes questions relatives aux hiérarchies disciplinaires. On peut considérer que le fait qu'un projet soit financé reflète la reconnaissance par les autorités scientifiques nationales de la légitimité d'une recherche et de la discipline à laquelle elle est affiliée. Dès lors, il devient important, pour comprendre l'état de la hiérarchie disciplinaire, de savoir qui obtient des fonds ou, en d'autres termes, comment ces fonds sont alloués en fonction des disciplines. Le nombre de projets, les montants accordés et le type de financement sont des indicateurs de reconnaissance dans le champ scientifique et définissent une forme spécifique de capital scientifique relié à l'activité de recherche. Dans le cas de la Suisse comme pour d'autres « State-delegated competitive systems », les organisations académiques possèdent une grande autonomie dans leurs prises de décisions, obligeant de fait les chercheurs à demander des fonds à l'extérieur de leur institution de rattachement pour obtenir les ressources nécessaires à leur activité (Benninghoff & Braun 2010 : 2). La décentralisation du paysage académique helvétique a ainsi tendance à renforcer la compétition entre agents du champ scientifique, tout en permettant une large diffusion de nouvelles thématiques de recherche, voire de la création de nouveaux champs de recherche.

Le pouvoir structurel du FNS à décider de la hiérarchie du savoir n'est pas nouveau, mais l'on peut distinguer une première période allant de 1952 aux années 1970 et l'introduction de nouveaux instruments de financements tournés vers la recherche orientée, puis une deuxième des années 1970 à nos jours marquée par une diversification très importante de ces instruments et la possibilité d'obtenir des fonds très conséquents pour financer des recherches d'envergure nationale. Dans un discours commémoratif portant sur les sept premières années du FNS, Alexander von Muralt (1959), considéré comme le « cerveau » à son origine (Kupper et al. 2015 : 292), montre bien les enjeux relatifs au financement de la recherche à cette époque. Premièrement, il rappelle que la mission du FNS est

¹¹² A cette période, le domaine des EPF se compose de l'EPFZ créée en 1854, du Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherche (EMPA) créé en 1880, de l'Institut fédéral de recherche sur la forêt, la neige et le paysage (WLS) créé en 1885 et de l'Institut fédéral pour l'aménagement, l'épuration et la protection des eaux (EAWAG) créé en 1936. L'EPFL prendra le statut d'Ecole polytechnique fédérale en 1969 et l'Institut Paul Scherrer (PSI) sera créé en 1988.

de financer des équipes de recherche, des infrastructures et du matériel, tant la science est devenue une affaire non plus individuelle mais collective. Von Muralt constate que « les temps ainsi que les méthodes de recherche ont évolué » (1959 : 32) si bien qu' « un laboratoire de biologie sans microscope électronique ou un laboratoire de chimie sans ultra-centrifugeuse ne se conçoivent presque plus » (1959 : 27). Ce qui est intéressant, c'est que tout son discours adressé à l'ensemble de la communauté scientifique porte et s'appuie sur le domaine des sciences naturelles. Il souligne le rôle de la Société helvétique des sciences naturelles pour la création du FNS, ainsi que l'enthousiasme des naturalistes, sans lesquels il n'aurait « jamais été possible de faire approuver notre projet par le Parlement avec une unanimité qui était un signe convaincant de la maturité de notre patrie » (Muralt 1959 : 27). Mais surtout, Von Muralt définit le Conseil national de la recherche, l'organe exécutif du FNS, comme un forum démocratique au sein duquel est représenté l'ensemble de la science suisse où « chacun a la possibilité d'exposer ouvertement ses critiques, ses craintes et les sujets qui devraient être discutés » (1959 : 28). Plus loin, il relève enfin que le FNS n'est pas dirigiste, en ce qu'il travaille selon « le principe d'étudier les requêtes qui lui parviennent, de les accorder ou de les refuser sans condition particulière ni de sa part ni de celle des chercheurs » bien que malgré cela, « il est indéniable que certains projets de recherche et certaines orientations semblent avoir plus d'avenir que d'autres et qu'il est beaucoup plus facile [...] de traiter plus libéralement les requêtes rentrant dans cette catégorie que celles qui lui semblent vagues et peut-être même peu scientifiques » (1959 : 29).

A la fin des années 1950, le FNS dispose de quatre instruments d'encouragement à la recherche : le subside de recherche, le subside de jeune chercheur, le subside de publication et la subvention personnelle¹¹³. Bien que le FNS soit présenté comme une organisation libre et démocratique, ces subsides sont accordés de manière fortement inégale selon les disciplines. Pour la période 1952-1960, les subsides de recherche et de publications sont distribués de la manière suivante : 71.7% du montant total pour les sciences naturelles, la médecine et les sciences techniques et 28.3% pour les sciences sociales et humaines et les lettres. Dans l'ordre des montants les plus élevés accordés par discipline, 49.8% du total sont accordés aux sciences naturelles, 22.2% aux lettres et 20.2% à la médecine. Viennent ensuite, avec des montants beaucoup plus faibles, la théologie (2.3%), l'économie et la sociologie (2.2%), le droit (1.8%), les sciences techniques et de l'ingénieur (1.7%)¹¹⁴. A titre comparatif, la base « P3 » indique que la part des montants des financements des projets démarrant en 2015 est de 82% pour l'ensemble des sciences naturelles, la médecine et les sciences techniques et 18% pour les sciences sociales et humaines et les lettres. Les disciplines qui bénéficient des financements les plus élevés sont la physique (17.8%), la biologie II (14.8%), les sciences naturelles médicales (11.3%), les sciences de l'ingénieur (8.3%) et la chimie (8.1%). La biologie I ne reçoit que 4.3% des financements¹¹⁵.

Au début des années 1970, cette vision de la recherche fondamentale et « libre » est remise en question lorsque le FNS se dote de nouveaux instruments destinés à favoriser la science « utile » ou orientée vers des besoins spécifiques qui dépassent la sphère académique. En 1975, le FNS met en place un nouveau type d'instrument destiné à la recherche appliquée : les *Programmes nationaux de recherche* (PNR). Leur objectif, selon le Conseil fédéral, est d' « intensifier l'encouragement à la recherche orientée en vue de faire face aux besoins de la société » (Benninghoff & Leresche 2003 : 63).

¹¹³ Cette dernière a pour objectif de maintenir les meilleurs chercheurs dans le pays ou de les rappeler de l'étranger, notamment pour lutter contre l'internationalisation et la concurrence des Etats-Unis pour la recherche (Muralt 1959 : 31-32). En vigueur dès 1960, cette subvention se limite à trois subventions personnelles par haute école, et les candidats sont proposés au Conseil de la recherche par les universités cantonales (Rapport annuel du FNS, 1960). Les subsides personnels seront supprimés en 1968 (Rapport annuel du FNS 1976 : 16).

¹¹⁴ Source : Rapports d'activité du FNS (1952-1960).

¹¹⁵ Nous n'avons de l'information que sur les projets effectivement acceptés et, bien qu'il eût été extrêmement intéressant de connaître les taux de refus, nous ne disposons pas de ces données.

C'est également à ce moment qu'est créée la Division IV qui sera dédiée à la gestion de ces PNR¹¹⁶. Les thèmes sélectionnés pour ces programmes proviennent directement du Département fédéral de l'intérieur et du Conseil suisse de la science (CSSI)¹¹⁷, le FNS étant ensuite chargé du plan de réalisation (Fleury & Joye 2003 : 89, Benninghoff & Braun 2010 : 12). Ce nouvel instrument aura pour conséquence une perte d'autonomie du FNS face aux pouvoirs politiques et aux demandes externes au monde scientifique. En définissant les problèmes à traiter, les autorités politiques contribuent à hiérarchiser les savoirs en favorisant les thématiques liées aux sciences naturelles et techniques à partir des années 1980 (Benninghoff & Leresche 2003 : 65).

Dans les années 1990, un deuxième instrument de ce type est mis en place : les *Programmes prioritaires de recherche* (PPR), toujours dans le but de favoriser la recherche orientée. Au nombre de six, ces programmes s'articulent autour des biotechnologies, de l'informatique, des sciences de l'environnement, des sciences des matériaux, de l'optique et de l'électronique (Benninghoff & Leresche 2003 : 90). S'y rajouteront encore deux autres programmes, l'un de sciences sociales et l'autre dans les domaines des nanotechnologies. Le dernier instrument de financement, les *Pôles de recherche nationaux* (PRN), est lancé en 2000. A la fin des années 1990, le Gouvernement fédéral augmente ses dépenses pour la recherche, tout en cherchant à se concentrer sur certains domaines en particulier¹¹⁸. Une nouvelle politique scientifique est ainsi définie et basée sur le principe d'efficacité dans l'organisation de la recherche basée sur la compétition, la coordination et le réseautage, typiques du cadre de la « nouvelle économie de la connaissance » (Benninghoff & Braun 2010 : 20). Les PRN, aussi appelés NCCR pour *National Centre of Competence in Research*, sont créés comme une réponse au manque de coordination entre la recherche fondamentale et les applications technologiques par la mise en place de structures « leading house » interdisciplinaires.

4.4.1 La hiérarchie selon le nombre de projets et des montants accordés

A partir de la base de données « P3 » du FNS qui contient tous les projets acceptés et financés depuis 1975¹¹⁹, il est possible d'analyser l'évolution des recherches financées, les montants accordés et les types de projets. Chaque projet est caractérisé par un certain nombre d'indicateurs, dont le titre du projet, l'institution du/des requérant(s), les dates de début et de fin, le type de financement et le montant accordé, ainsi que la discipline du projet¹²⁰. Le FNS a développé un nombre considérable d'instruments de financement différents que nous avons regroupés en six catégories. Les *Bourses individuelles* réunissent les fonds octroyés aux chercheurs pour des séjours à l'étranger et les mobilités postdoctorales. Les *Encouragements de projets (Div. I-III)* et les financements des *Autres types de projets* non rattachés à une division regroupent les différents projets de recherche financés pour un nombre d'années défini. Les *Pôles nationaux de recherche* et les *Programmes prioritaires nationaux* représentent les grands projets orientés vers des besoins sociétaux, définis comme des projets de science « utile ». Les deux derniers instruments sont les financements *d'infrastructures* et les

¹¹⁶ Nous y reviendrons plus loin, le FNS est divisé en trois, puis quatre « divisions » qui sont des unités de gestion administrative organisées autour de trois grands pôles disciplinaires. La Division I recoupe les sciences sociales, les sciences humaines et les lettres, la Division II est celle des sciences exactes et naturelles, c'est-à-dire toutes les disciplines qui ne sont pas incluses dans la Division I ainsi que la biologie et la médecine qui forment à elles deux la Division III.

¹¹⁷ Le CSSI est un organe consultatif du Conseil fédéral dédié aux questions en matière de sciences et de politiques de la recherche. Fondé en 1965, il regroupe 12 « highly-recognized personalities out of the scientific community » qui sont chargés d'élaborer des conseils stratégiques et de formuler des propositions au Conseil fédéral, ce qui leur donne un rôle de relais de la communauté scientifique (Lepori 2007).

¹¹⁸ « A strong economy needs strong science » (Benninghoff & Braun 2010 : 20).

¹¹⁹ « P3 » pour *People, Projects, Publications* (environ 60'000 projets pour 82'000 collaborateurs de 1975 à 2015).

¹²⁰ Un tableau récapitulatif des 149 disciplines des projets et de la manière dont elles sont regroupées en 15 groupes de disciplines figure dans l'annexe 6.1 du chapitre 5 consacré spécifiquement aux réseaux de collaboration au travers de ces projets.

financements pour des *publications* ou des *conférences*. Le tableau suivant indique le nombre absolu de projets financés par instrument entre 1975 et 2015, pour un total de 48'587 projets.

Tableau 3.11 Nombre absolu de projets financés par instrument entre 1975 et 2015 (N=48'587)

Type d'instrument	Bourses individuelles	Encouragement de projets (Div. I-III)	Encouragement de projets (autre)	Infra-structures	PNR et PPR	Publications et conférences	Total
Nombre total de projet	4631	29515	4735	1001	2937	5768	48587

Source : Base « P3 » du FNS. Les entrées pour lesquelles les données sur l'année de début du projet et le montant du projet étaient manquantes n'ont pas été prises en compte. Ont également été exclues de l'analyse : les entrées pour lesquelles l'instrument de financement était manquant ou pour lesquelles la discipline du projet n'était pas disponible.

L'instrument de financement le plus sollicité est clairement celui des encouragements de projets des Divisions I à III, avec près de 30'000 projets financés. Viennent ensuite, dans l'ordre décroissant, les subsides pour des publications ou des conférences, les encouragements de projets autres, les bourses individuelles, les PRN et PPR et, enfin, les infrastructures.

En 1975, les financements liés aux projets des Divisions I à III représentent presque 90% des fonds accordés. En 2015, ils ne représentent plus que la moitié du nombre total des financements. Cette baisse relative dans la distribution des instruments d'encouragement n'empêche pas la catégorie des encouragements de projets des Divisions I à III d'occuper la plus grande part du budget total du FNS, soit encore 52% pour la période 2010-2015, comme montré dans le tableau 3.12.

Tableau 3.12 Part du montant des financements accordés par instrument et par cohorte (en %)

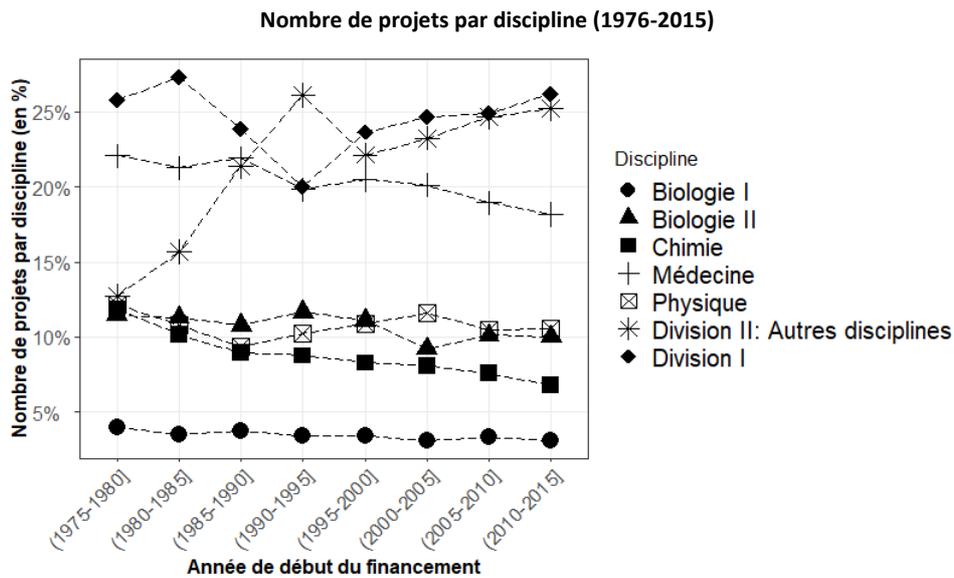
	(1975-1980]	(1980-1985]	(1985-1990]	(1990-1995]	(1995-2000]	(2000-2005]	(2005-2010]	(2010-2015]	Moyenne
Bourses individuelles	0	0.3	3.1	5.0	6.3	16.6	16.8	18.0	11.6
Encouragement de projets (autres)	2.8	4.8	5.2	7.7	8.1	9.4	13.8	18.1	11.1
Encouragement de projets (Div. I-III)	88.0	83.0	79.9	72.9	65.8	64.2	55.8	52.1	64.3
Infrastructures	0	0	0	0	1.5	2.6	7.1	7.8	3.8
PRN et PPR	9.0	11.9	11.2	14.0	18.0	6.4	2.8	1.7	7.8
Publications et conférences	0.1	0.1	0.6	0.4	0.3	0.8	3.6	2.3	1.5
Total	542 mio	633 mio	977 mio	1'323 mio	1'551 mio	1'641 mio	2'454 mio	2'704 mio	11'826 mio

Source : Base « P3 » du FNS. Les cohortes ont été créées sur la base de l'année de début des projets.

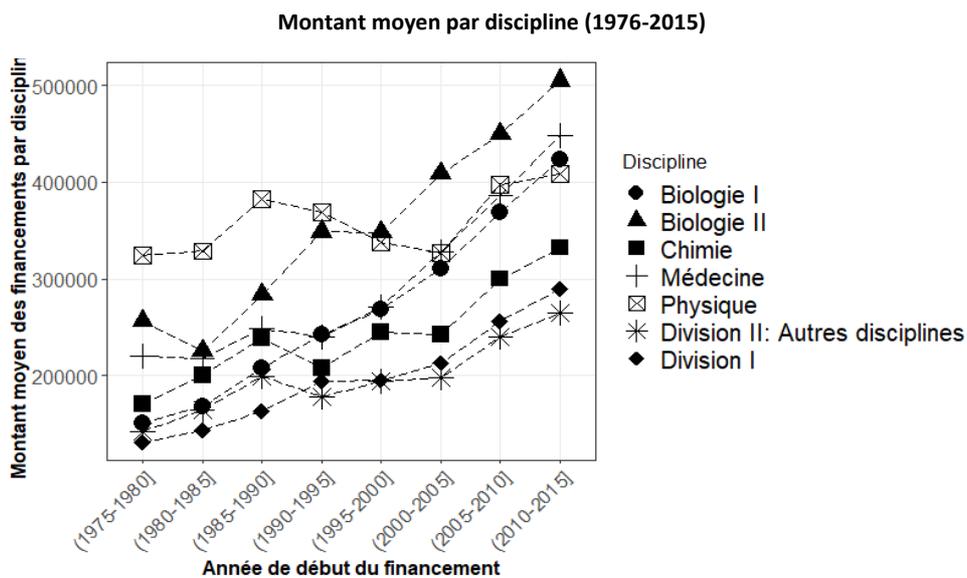
En termes de part de budget, c'est donc l'instrument d'encouragement de projets des Divisions I à III qui est le plus important (64.3%). La proportion croissante des bourses individuelles leur permet d'atteindre 11.6%, juste devant l'encouragement de projets autres (11.1%). Le financement de grands projets de recherche orientée (PRN et PPR) a progressé jusqu'aux années 2000, puis drastiquement diminué et ceux-ci comptent pour 7.8% du budget total des montants accordés. A partir des années 2000, ce sont les financements d'infrastructures, notamment des plateformes de recherche et les équipements, qui prennent de l'importance.

Ces observations sont intéressantes car elles montrent, d'une part, une augmentation croissante du budget total du FNS et, d'autre part, que les fonds alloués varient fortement au regard des instruments et dans le temps. Les deux figures suivantes (3.11) illustrent l'évolution du nombre de projets financés selon la discipline (en %), ainsi que le montant moyen des financements en fonction des mêmes cohortes. Nous avons distingué sept groupes de disciplines : la biologie I et la biologie II, la chimie, la médecine, la physique, les sciences sociales et les lettres qui forment la Division I et les autres sciences de la Division II. La figure de gauche montre le nombre de projets par discipline en pourcentages sur l'ensemble des projets par cohorte. La figure de droite montre les montants moyens accordés par discipline, c'est-à-dire si les projets sont « chers » en moyenne, ou « plutôt bon marché ».

Figure 3.11 Nombre de projets et montant moyen des projets par discipline et par cohorte (en %)



Lecture du graphique : 25.8% de l'ensemble des projets accordés pour la période de 1976 à 1980 (N=2'769) ont été attribués aux disciplines de la Division I (N=714 projets).



Lecture du graphique : le montant moyen des projets en physique pour la période de 1976 à 1980 (N=336) s'élève à 324'750 francs suisses. Source pour les deux graphiques : Base P3 du FNS. La catégorie « Sc.Soc.Lettres » comprend l'ensemble des disciplines de la Division I. La catégorie « Autres Sciences » regroupe les sciences de l'ingénieur, les sciences de la terre, l'informatique, les mathématiques et les sciences de l'environnement, toutes comprises dans la Division II.

Les disciplines se distinguent clairement en matière de nombre de projets financés. La part relative des projets accordés par discipline reste relativement stable pendant la période, sauf pour la catégorie « Autres sciences » de la Division II qui augmente significativement entre 1975 et 1995, puis se stabilise jusqu'en 2015. Les deux catégories disciplinaires comptant le plus de projets en moyenne sont celles qui regroupent les disciplines de la Division I et les « Autres sciences » de la Division II. Comme il s'agit de regroupements de plusieurs disciplines, ce constat apparaît assez logique. Cependant, si l'addition de l'ensemble des sciences sociales, des lettres et des autres sciences compte au total pour environ 50% des projets en moyenne, c'est que l'autre moitié est attribuée uniquement aux quatre domaines de la biologie, de la chimie, de la physique et de la médecine. Un point important à relever est que les

disciplines qui comptent le plus de projets sont aussi celles dont les montants moyens par projet sont les plus faibles, exception faite du domaine de la médecine qui compte beaucoup de projets en moyenne assez chers. Concernant la biologie, on constate une différence très marquée entre la biologie I et la biologie II. Le FNS finance clairement plus de projets de biologie II que de biologie I et les financements sont en moyenne plus élevés pour la première que pour la seconde. De manière générale, ni la biologie ni la chimie ne figurent parmi les disciplines les plus largement financées. Cette observation reste à prendre avec une certaine mesure, puisqu'elle se base uniquement sur les données des financements par le FNS et ne prend pas en compte d'éventuels financements privés ou internationaux.

Les instruments du FNS distinguent les financements accordés à la recherche fondamentale et la recherche plus appliquée développée dont les *Programmes de recherche nationaux* (PNR) et des *Programmes prioritaires de recherche* (PPR) sont les principaux instruments mis en place par le FNS depuis les années 1970. Dans l'ensemble, ils sont plutôt destinés aux disciplines de la Division II (40.4% des financements) que de la Division III (24.6% des financements). La base « P3 » compte 2937 projets financés dans le cadre des PRN et des PPR, donc 2'197 pour les premiers (74.8% des projets pour 72% des financements) et 774 pour les seconds (25.2% des projets pour 28% des financements). Le tableau 3.13 résume le nombre de projets et la part du financement total accordé par discipline.

Tableau 3.13 Nombre de projets PNR et PPR par discipline et part du financement total (en %)

	Biologie I	Biologie II	Médecine	Chimie	Physique	Division II Autres	Division I
Nombre de projets PRN et PPR	79	211	278	106	91	828	1344
Part du financement total (%)	2.8%	9.6%	12.2%	4.3%	3.9%	32.2%	35.0%

Source : Base « P3 » du FNS. La part du financement total représente le pourcentage du montant total des PRN et PPR par discipline. Exemple : pour la biologie I, le montant accordé est de 25'747'032 CHF, soit 2.8% du total (917'619'761 CHF). Les autres sciences de la Division II sont les mathématiques (6 projets), l'informatique (113 projets), les sciences de l'ingénieur (357 projets), les sciences de l'environnement (306 projets) et les sciences de la terre (46 projets).

La part des financements des instruments PNR et PPR accordés à chaque division équivaut à 35% pour la Division I (lettres et sciences sociales), 40.4% pour la Division II (sciences de base) et 24.6% pour la Division III (biologie et médecine). En ce qui concerne la chimie, elle ne fait pas partie des disciplines les plus financées par ces programmes. Au sein de la Division II, ce sont les sciences techniques et les sciences de l'environnement qui ont largement bénéficié des financements destinés à la science orientée. Les 4.3% alloués à la chimie proviennent à 93.8% des PNR. Pour la physique, 99% des fonds proviennent de cet instrument. Pour la biologie, le rapport est inversé et la majorité des fonds octroyés à cette discipline proviennent des PPR (68.4% pour la biologie I et 63.4% pour la biologie II). Par contre, les fonds de la médecine proviennent à 90.8% des PNR. Au sein de la Division III, la médecine et la biologie se partagent le nombre de projets et les montants accordés dans le cadre des programmes de financement de la recherche « utile ». Au sein de la biologie, c'est le pôle *fonctionnel* qui est largement favorisé (12.2% du total des financements) par rapport au pôle *évolutif* qui n'obtient que 2.8% des fonds totaux.

En résumé, la distribution des subsides accordés par le FNS pour la recherche montre encore une fois une division claire entre la biologie I et la biologie II qui s'accorde avec la hiérarchie déjà constatée du point de vue des chaires disciplinaires (Q4). Ils sont nettement plus nombreux pour cette dernière et coûtent en moyenne également plus cher, même si le montant moyen des financements pour la biologie I reste assez élevé. C'est également la biologie II qui a été la plus largement financée des deux dans le cadre des instruments de promotion de la recherche « utile » mis en place depuis les années 1970. La chimie par contre bénéficie de moins de projets financés dans la période récente que dans

les années 1970 et 1980, pour un montant qui a certes augmenté mais qui reste relativement bas comparé aux autres disciplines.

4.4.2 Le profil des membres du Conseil national de la recherche du FNS

Dans cette dernière partie, nous nous intéressons au profil disciplinaire des membres du Conseil national de la recherche du FNS dont le rôle est d'évaluer les requêtes soumises au FNS et d'attribuer les financements. Si nous avons pu montrer que la biologie II était financée de manière plus importante que la biologie I, il est intéressant de se demander si elle est également mieux représentée au sein de l'organe de décision de l'institution. De plus, s'il s'avère que c'est effectivement le cas, cela pourrait renforcer l'hypothèse d'une distinction entre deux types de capital institutionnel : l'un conféré par les fonctions de recteur et de doyen et l'autre par les positions occupées dans les organisations de promotion et de financement de la science en lien plus direct avec la détention de capital scientifique (Q3).

De 1952 à 2000, le Conseil national de la recherche compte N=269 individus que nous avons répartis en cinq cohortes de dix ans¹²¹. Les mandats peuvent être relativement longs et un individu peut donc se retrouver dans deux, voire trois cohortes différentes. En additionnant le total des mandats pour chaque cohorte, on obtient un total de N=402 mandats, comme indiqué dans le tableau ci-dessous. Sur ces 269 individus, 235 appartiennent à la sphère académique (354 mandats), 10 à la sphère administrative, 13 à la sphère économique et 11 à la sphère politique (48 mandats). La proportion d'environ 12% des postes occupés par des individus des sphères non académiques témoigne d'une certaine intégration au sein du Conseil d'intérêts exogènes au champ et souligne le rôle d'interface de l'institution. La proportion de membres externes à l'académie varie peu dans le temps. Elle compte pour 9.4% des individus entre 1953 et 1960, 12.3% entre 1961 et 1970, 13.9% entre 1970 et 1980, 11.3% entre 1981 et 1990 et 11.7% entre 1991 et 2000. Alors qu'il s'agit principalement de représentants des sphères politiques et administratives jusqu'en 1990, la dernière cohorte compte une importante majorité de représentants de la sphère économique (9 individus sur 15 au total) alors qu'ils varient entre deux et trois pour les autres cohortes. Les effectifs des membres du Conseil national de la recherche du FNS sont résumés dans le tableau 3.14.

Tableau 3.14 Effectifs des membres du Conseil national de la recherche du FNS (1941-2000)

Cohorte	1952-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000
Effectifs (N=402)	32 (22)	57 (28)	79 (27)	106 (28)	128 (29)

Note : Certains individus peuvent être comptés plusieurs fois, si leur mandat dépasse les limites d'une cohorte. Les effectifs entre parenthèses indiquent les membres siégeant dans au moins une autre institution de régulation scientifique.

Le nombre total d'individus augmente significativement avec le temps, en passant de N=32 entre 1952 et 1960 à N=128 entre 1991 et 2000 et témoigne de l'importance croissante du FNS en tant qu'institution de promotion et de financement de la recherche. Il est également intéressant de noter que le nombre de membres qui siègent dans au moins une autre institution de régulation scientifique reste à peu près stable, entre 22 et 29 personnes. Comme l'ASSN, le FNS n'est donc pas isolé des autres lieux de décision et participe à la coordination du système de l'enseignement supérieur en Suisse. Le Conseil est structuré par les Divisions et l'on retrouve un effectif similaire pour chacune d'elles (tableau 3.15).

¹²¹ Il s'agit uniquement des individus possédant le statut d'élite tel que défini par les critères de la base « Elites suisses ».

Tableau 3.15 Discipline des membres académiques du Conseil national de la recherche (N=235)

Discipline	Biologie	Chimie	Physique	Division II autres	Médecine	Division I
Effectifs (N=235)	25	20	30	27	56	77

Pour toute la période de 1952 à 2000, on compte un total de 77 représentants de la Division I, également de 77 représentants de la Division II et 81 représentants de la Division III. La Division II est composée de 20 professeurs de chimie dont neuf professeurs de chimie inorganique et physique, sept professeurs de chimie organique et quatre professeurs de chimie industrielle ainsi que de 30 professeurs de physique et de 27 professeurs des autres disciplines¹²². La Division III est composée de 25 professeurs de biologie dont 7 professeurs de biologie I et 18 professeurs de biologie II, ainsi que de 56 professeurs de médecine dont 17 sont des professeurs de sciences naturelles médicales.

Ainsi, comme au sein du Comité central de l'ASSN qui comptait 14 professeurs de biologie II pour six professeurs de biologie I, c'est à nouveau la biologie II qui est largement représentée en comparaison de la biologie I (qui reste minoritaire). Si l'on rajoute les professeurs de sciences naturelles médicales, on atteint un total de N=35 professeurs dont les thématiques de recherche sont liées à la biologie fonctionnelle, dans les facultés des sciences ou de médecine.

Lorsque l'on regarde la composition disciplinaire du Conseil selon la cohorte, on constate à nouveau une surreprésentation des professeurs de biologie pour la période de 1981-1990 par rapport aux autres cohortes, comme c'était le cas de l'ASSN. Cette fois, les professeurs de biologie II sont encore plus présents, au nombre de 12 face à un seul professeur de biologie I. La proportion de professeurs de médecine pour la dernière cohorte est aussi remarquablement importante, d'autant plus qu'il s'agit de la période d'affirmation de la génomique et des sciences de la vie rattachées au domaine du biomédical (tableau 3.16).

Tableau 3.16 Répartition des mandats au Conseil national de la recherche par cohorte (N=354)

	Biologie I	Biologie II	Chimie inorganique	Chimie organique	Chimie industrielle	Physique	Division II Autre	Médecine	Division I	Total
1952-1960	4	0	0	0	2	2	3	5	13	29
1961-1970	0	3	2	3	0	8	4	12	18	50
1971-1980	0	6	2	5	1	8	8	15	23	68
1981-1990	1	12	8	3	0	12	12	16	30	94
1991-2000	5	4	4	2	3	13	12	30	40	113
Total	10	25	16	13	6	43	39	78	124	354

Les professeurs de biologie II sont donc à nouveau fortement représentés par rapport aux professeurs de biologie I, et en particulier pour la période allant de 1971 à 1990. Concernant la chimie, les professeurs de chimie inorganique sont un peu mieux représentés que ceux de chimie organique, contrairement au cas du Comité central de l'ASSN, même si la différence n'est pas particulièrement marquante. La chimie industrielle est quant à elle beaucoup moins importante que les deux autres domaines de la discipline.

En résumé, la distribution des disciplines au sein des lieux centraux de décision des deux institutions montre une distinction claire entre le pôle rationnel et le pôle historique de la biologie avec une nette surreprésentation du premier. En chimie, le pouvoir relatif accordé aux sous-disciplines n'apparaît pas comme aussi divisé qu'en biologie, puisque ni la chimie inorganique ni la chimie organique ne se

¹²² La catégorie Division II autres est composée de 4 professeurs de mathématiques, dix professeurs de sciences de la terre et de 13 professeurs de sciences techniques et de l'ingénieur. Dans la Division I, on compte 12 professeurs de droit, 12 professeurs de sciences économiques, 17 professeurs sciences sociales, 36 professeurs de lettres.

distinguent clairement en termes de leur représentation à l'ASSN comme au FNS. Cette différence donne une indication importante sur la différenciation de la logique de structure du pouvoir à l'interne des deux disciplines, sur laquelle nous revenons maintenant en conclusion.

5. Différenciations disciplinaires et reconfigurations institutionnelles

Tout au long de ce troisième chapitre, nous avons cherché à montrer comment la biologie et la chimie s'étaient différenciées d'un point de vue interne mais aussi rapprochées dans le domaine des *sciences du vivant*. D'un point de vue général, les deux disciplines semblent répondre à deux logiques de structuration assez différentes. D'un côté, les divisions internes à la biologie sont très marquées, avec une séparation institutionnalisée entre deux pôles (la biologie I et la biologie II) et une diversification marquée par de nombreuses sous-disciplines et spécialisations. De l'autre, la chimie se divise en grands domaines qui, malgré des différences d'échelles (fondamentale ou plus appliquée), sont intégrés au sein de la discipline de manière plus classique, c'est-à-dire sans que l'un ou l'autre ne soit particulièrement dominant, comme c'est typiquement le cas de la biologie moléculaire.

Nous avons d'abord présenté l'histoire des disciplines de la biologie et de la chimie telle qu'elle est abordée dans l'histoire des sciences en mettant l'accent sur la diversification de la première et la relative stabilité de la seconde, en termes de spécialisations et de domaines de recherche. Le développement de la biologie en de nombreuses spécialisations, dont l'une est devenue particulièrement prestigieuse dans la période récente (Gros 1993, Morange 2016, Gingras 2012), contraste avec celui de la chimie, dont la formation des domaines principaux remonte au XIX^e siècle (Bensaude-Vincent & Stengers 1993, Baudet 2017). L'histoire des sciences a pu montrer comment certains domaines de la biologie et de la chimie se sont rapprochés pour favoriser le développement d'une vision chimique du vivant qui, à la fin du siècle, caractérise des sciences de la vie résolument tournées vers un objectif de résultats commercialisables (Gugerli et al. 2010), dans la continuité d'un mouvement de rationalisation de la biologie amené par l'intégration de la chimie, de la physique et de la génétique, et reflétant de manière explicite la rhétorique de « la société du savoir » (Strasser & Bürgi 2005, Bouchez 2014, Bonneuil 2015) reprise par les pouvoirs politiques (Leresche et al. 2012, Frei 2015). Ces rapprochements ont été source de tensions entre biologistes et chimistes (Hafner 2011, Strasser 2002), mais aussi à l'interne de la biologie (Gugerli et al. 2010, Strasser 2006).

Nous avons ensuite cherché à décrire ces transformations dans le cas suisse, en soulignant l'importance du développement de la chimie à Bâle (Simon 1997 et 2010, Tamm 1997, Gugerli et al. 2010, Wirz-von Planta 2016), de la biologie moléculaire entre Genève et Zurich (Strasser 2002 et 2006, Bürgi 2005), l'expansion et les reconfigurations des relations entre académie et secteur industriel et la transformation du paysage académique dans la fin du XX^e siècle avec le développement des biotechnologies (Straumann 1997, Tamm 1997, Tanner 1998, Straumann 2005, Gugerli et al. 2010, Breiding 2013, Haller 2015), puis des sciences de la vie (Gugerli et al. 2010, Leresche et al. 2012, Benninghoff et al. 2014, Frei 2015). Ce panorama a pu mettre en évidence certaines logiques extra-académiques ayant joué un rôle important dans la promotion de la biologie II à la fois dans le secteur économique et dans le champ académique. Cette partie historiographique a aussi mis en lumière le manque de littérature secondaire consacrée à la biologie évolutive et la chimie inorganique, les deux domaines les moins tournés vers la valorisation des résultats de la recherche à l'extérieur de la sphère académique.

Dans une deuxième partie du chapitre, nous avons proposé une analyse plus empirique des différenciations et des rapprochements de la biologie et de la chimie en nous focalisant sur l'ancrage institutionnel des disciplines dans les universités, ainsi que dans deux organisations de promotion et de financement de l'activité scientifique. D'abord, nous nous sommes intéressés aux transformations des hiérarchies disciplinaires par les positions occupées par les professeurs, en distinguant les positions de pouvoir scientifique (Bourdieu 1976) au travers des chaires professorales, et les positions de pouvoir temporel (Bourdieu 1984a) associées aux fonctions de recteur et de doyen des facultés des sciences. En comparant, dans un premier temps, les disciplines des professeurs de l'échantillon (N=882), nous avons pu montrer de quelle manière la biologie *fonctionnelle* s'était imposée face à la biologie *évolutive* et comment, dans le cas de la chimie, c'était plutôt la chimie inorganique et physique qui s'était progressivement affirmée face à la chimie organique et la chimie industrielle (**Q1** et **Q2**). Le prestige accordé par la littérature à la biologie II (Stettler 2002, Gros 2003) se retrouve dans l'augmentation impressionnante du nombre de chaires de la discipline. On constate cependant un décalage temporel entre les débuts de l'essor de la biologie moléculaire dans les années 1950 et son affirmation institutionnelle dans les universités, que nos résultats situent dans les années 1980 et 2000. De plus, ils corroborent le constat de Gros (1993 : 80) quant au fait que le développement de la biologie moléculaire n'a pas fait disparaître la biochimie.

Nous avons en effet insisté sur l'importance de différencier les sous-disciplines, c'est-à-dire telles qu'elles existent et se distinguent sous la forme de sociétés, de nomenclatures au FNS et de grands *domaines* et *échelles* pour montrer que le processus de *rationalisation* (Gros 1993) ou de *molécularisation* de la biologie (Strasser 2006), qui se mesure surtout par une augmentation des chaires d'enseignement en biologie moléculaire et en biochimie dans la fin du xx^e siècle, n'est pas le seul facteur de l'affirmation de la biologie II qui est d'abord liée à l'importance de l'échelle de la physiologie et développement (micro) depuis les années 1950. On retrouve ici l'intérêt de faire l'histoire des disciplines, qui montre bien que leurs transformations sont bien plus complexes qu'il n'y paraît lorsque l'on se focalise trop directement sur la biologie moléculaire, et qu'il est nécessaire de nuancer le rôle de cette dernière en prenant en considération l'évolution de l'ensemble des sous-disciplines (Morange 2016).

Outre la légitimité scientifique des disciplines mesurée par les chaires d'enseignement, nous avons analysé la représentation des professeurs dans les positions de pouvoir institutionnel, qui reflète une hiérarchie différente (**Q3**). L'analyse de l'ensemble des recteurs pour la période de 1911 à 2010 a montré une représentation globalement faible pour les deux disciplines, exception faite des années 1940 à 1960 où les professeurs de biologie sont bien représentés, en particulier les professeurs de biologie I et les professeurs de chimie inorganique et physique. C'est surtout la discipline des doyens des facultés des sciences (de 1921 à 2000) qui montre une distinction entre les sous-disciplines. De manière générale, les chimistes et biologistes y sont plus présents que dans les rectorats, et ils dominent même l'ensemble des autres sciences naturelles. Comme les doyens de biologie I sont presque deux fois plus nombreux que ceux de biologie II, nous pouvons faire l'hypothèse d'une stratégie de la part des représentants du pôle *traditionnel* pour contrecarrer le prestige et la légitimité qu'ont progressivement acquis les professeurs de biologie II en occupant des fonctions de direction exécutive des institutions académiques. Dans le cas de la chimie, ce sont les professeurs de chimie inorganique et physique qui occupent le plus souvent les positions de recteurs et de doyens, devant les professeurs de chimie organique et de chimie industrielle, même si cette différence est moins marquée que pour la biologie.

Pour vérifier l'hypothèse d'une distinction entre deux types de capital institutionnel (**Q3**), nous avons analysé la discipline des membres de l'ASSN et du FNS, deux des plus importantes organisations de

promotion et de financement de la recherche en Suisse. Contrairement aux fonctions exécutives dans les universités, c'est cette fois la biologie II qui est nettement mieux représentée que la biologie I, indiquant un certain lien entre détention de capitaux scientifique et institutionnel. Pour la chimie, la distinction est moins évidente. Les professeurs de chimie organique, qui sont moins bien représentés dans les rectorats et les décanats, sont cette fois un peu plus présents que les professeurs de chimie inorganique au Comité central de l'ASSN. Par contre, ces derniers sont légèrement plus nombreux au Conseil national de la recherche du FNS. Nous approfondirons cette hypothèse de l'existence de deux types de capital institutionnel dans le chapitre 4 consacré aux positions, aux capitaux et aux carrières des professeurs.

Enfin, l'analyse des sociétés spécialisées représentées à l'ASSN a permis de mieux saisir les dynamiques d'institutionnalisation des sous-disciplines de la biologie et de la chimie et de souligner des différences dans leur organisation. La division progressive de la biologie en de nombreuses sociétés à partir des années 1960 montre bien que le cas de la biologie moléculaire est loin d'être isolé d'un mouvement de diversification qui touche l'ensemble de la discipline. A l'inverse, le cas de la chimie semble plutôt montrer une discipline moins différenciée institutionnellement. A la fin du xx^e siècle, la fusion des deux plus importantes sociétés, la Société suisse de chimie et le Schweizerischer Chemiker-Verband en 1992, renforce la collaboration entre la chimie académique et la sphère professionnelle. Alors que la biologie se divise en fonction de domaines de recherche représentés par un nombre important de sociétés, les associations de la chimie représentent des secteurs d'activité : l'académie, l'industrie et le monde professionnel. Dans un deuxième temps, nous avons analysé la distribution des subsides accordés par le FNS pour comprendre dans quelle mesure elle s'accordait avec la hiérarchie des disciplines mesurée par les chaires professorales et les positions institutionnelles (**Q4**). Ici encore, nous avons pu montrer que l'importance prise par la distinction entre la biologie I et la biologie II se reflétait dans le nombre de subsides accordés et les montants octroyés. La biologie II est largement mieux financée que la biologie I, quel que soit l'instrument d'encouragement. Cette dernière apparaît ainsi plus légitime du point de vue de la principale agence de financement nationale, tant pour le financement de projets de recherche que dans le cadre des programmes d'encouragement de la recherche « utile », ce qui montre une corrélation entre le prestige scientifique de la discipline et les moyens accordés aux professeurs pour faire de la recherche au niveau national.

En conclusion, deux aspects importants des reconfigurations institutionnelles de la biologie et de la chimie ressortent de ce chapitre. *D'un côté*, on assiste à une indéniable ascension de la biologie II. Le pôle *fonctionnel* de la discipline devient progressivement celui qui cumule le prestige scientifique mesuré par les financements des projets et par l'importance du nombre des chaires professorales. La place dominante qu'occupe la « nouvelle » biologie dans la hiérarchie des disciplines est renforcée par une forte représentation dans les organisations de promotion et de financement de la science, mais aussi par la reconnaissance par les autorités politiques et les acteurs économiques de son caractère « utile » et la potentialité de commercialisation de ses produits. Alors que ce ne semble pas être le cas pour la chimie qui, pourtant, faisait figure de principal interlocuteur des relations entre académie et industrie durant la majeure partie du xx^e siècle (Straumann 1997, Tamm 1997, Tanner 1998, Chandler 2005, Reinhardt 2002, Simon 2010), la biologie et les sciences de la vie semblent être au cœur d'une nouvelle définition des cadres de la production scientifique portée par des acteurs des sphères académique, politique et économique autour d'une définition de l'innovation basée sur un idéal d'interrelations entre universités, industrie et autorités politiques (Etzkowitz & Leydesdorff 2000, Leresche et al. 2012) et d'une vision proprement entrepreneuriale des institutions académiques (Clark 1998) et des chercheurs (Owen-Smith & Powell 2004, Bürgi 2011, Gaudillière 2015).

De l'autre, il ne semble pas que le mouvement de transformation des sciences biologiques reflète une rupture d'un champ académique autrefois *autonome* vers plus d'*hétéronomie*, comme le suggèrent les promoteurs de la thèse de la *fin des disciplines* (Gibbons et al. 1994, Nowothy et al. 2003), mais qu'il s'inscrit dans une continuité des transformations des liens entre académie et secteur privé. D'une part, les biotechnologies n'ont pas brisé les frontières de l'académie pour rendre la science plus poreuse aux logiques économiques car, comme nous l'avons évoqué, des collaborations entre la recherche et l'industrie existaient déjà depuis le début du siècle dans le domaine de la chimie organique et pharmaceutique. D'autre part, les résultats de ce premier chapitre empirique invitent à une certaine prudence face au rôle central de la biologie moléculaire dans l'expansion des sciences biologiques et dans le développement de liens avec l'industrie. La montée de la biologie *fonctionnelle* est certes due, à partir des années 1980, à l'essor de cette dernière, mais également de la biochimie qui demeure très importante à la fin du siècle. La création des premières chaires de cette dernière institutionnalise et légitime davantage une vision *physico-chimique* du vivant portée par des chimistes et des physiciens (Gros 1993), mais cette dynamique ne concerne pas l'ensemble des sous-disciplines de la biologie. Les biologistes apparaissent d'ailleurs au départ comme les plus réticents à cette nouvelle discipline (Strasser 2002), qui reste une source de critique de la part des chimistes (Hafner 2011).

Nos analyses, en lien avec la littérature mobilisée, ont pu montrer que la biologie II a suivi un chemin plutôt traditionnel vers son institutionnalisation en tant que discipline académique, et son affirmation n'apparaît pas comme ayant fondamentalement remis en cause l'inertie des logiques qui structurent les rapports hiérarchiques les entre disciplines au sein du champ scientifique (Bourdieu 1976, 1984a et 2001), de même que son caractère interdisciplinaire (Strasser 2006) n'a pas transformé la base du fonctionnement des institutions académiques (Abbott 2001a). De plus, l'affirmation de la biologie II n'est pas unilatérale puisqu'elle ne semble pas se traduire par un accès privilégié aux positions de pouvoir temporel au sein des institutions académiques, qui sont plutôt occupées par des professeurs de biologie I. Par contre, les professeurs de biologie II sont nettement surreprésentés au Comité central de l'ASSN ainsi qu'au Conseil national de la recherche scientifique, ce qui indique une combinaison de capital scientifique et de capital institutionnel, traditionnellement en opposition dans le champ académique (Bourdieu 1984a), et qui jouerait un rôle important pour l'accès aux positions dominantes de la hiérarchie des disciplines.

Ces résultats montrent qu'il est nécessaire d'insérer le mouvement d'affirmation de la biologie moléculaire, et plus globalement de la biologie II, dans le contexte de l'ensemble des disciplines de la biologie et de la chimie. Pour cela, le chapitre suivant propose de mettre en lien les transformations de la hiérarchie des disciplines qui ont fait l'objet de ce chapitre avec les ressources et les profils des professeurs de biologie et de chimie. Par une analyse basée sur la distribution parmi les professeurs de quatre types de capitaux (scientifique, institutionnel, extra-académique et international), nous chercherons à voir comment la position changeante occupée par les disciplines se lie avec les caractéristiques sociales de leurs représentants.

6. Annexes

6.1 Chaires des professeurs de biologie et de chimie 1957-2000 (N=642)

ID base « Elites suisses »	ID Nom	Année	Biologie ou chimie	Discipline principale	Sous-discipline	Domaine	Sous-discipline en détail	Echelle	Chaire d'enseignement
77912	Erismann	1980	Biologie	Biologie	Biologie I	Biologie végétale	Botanique	Echelle macro (écologie et évolution)	Allgemeine Botanik
78159	Hohl	1980							Allgemeine Botanik
78580	Parish	1980							Allgemeine Botanik
79448	Farmer	2000							Biologie vegetale
79970	Mettraux	2000							Biologie vegetale
75552	Boller-Elmer	2000							Botanik
76666	Vischer	1957							Botanik
78461	Meier	1980							Botanik
78992	Wattendorff	1980							Botanik
79808	Korner	2000							Botanik
80549	Wiemken	2000							Botanik
76743	Blum	1957							Botanik, angewandte Botanik
75403	Gaumann	1957							Botanik, Inbegriffen Pflanzenpathologie
59309	Galland-Vaucher	2000							Botanique
77106	Favarger	1957							Botanique
79943	Martinoia	2000							Botanique
78964	Villaret	1980							Botanique comparative, geobotanique
76787	Chodat	1957							Botanique generale et biologie vegetale Ü Microbiologie et Fermentations
77411	Baehni	1957							Botanique systematique
79836	Kupfer	2000							Botanique systematique
79951	Mauch	2000							Botanische Biologie
77801	Clemenccon	1980							Cryptogamie, mycologie (Botanique)
79549	Gobat	2000							Ecologie vegetale
78340	Landolt	1980							Geobotanik
79109	Ammann	2000							Geobotanik (botanique, ecologie)
59174	Hainard	2000							Geobotanik et botanique systematique
80605	Aebi	2000							Mykologie
60746	Stamp	2000							Pflanzenbau
70544	Amrhein	2000							Pflanzenwissenschaften
80611	Apel	2000							Pflanzenwissenschaften
78676	Richard	1980							Phytosociologie et ecologie
77422	Cortesi	1957							Phytotechnologie (Botanique)
78139	Hess	1980				Spezielle Botanik			
78279	Kern	1980				Spezielle Botanik			
78515	Muller	1980				Spezielle Botanik, insbes. Mykologie			
76878	Daniker	1957				Systematische Botanik			
77812	Cook	1980				Systematische Botanik			
77898	Endress	1980				Systematische Botanik			
78309	Kramer	1980				Systematische Botanik			
78692	Rohweder	1980				Systematische Botanik			
77387	Welten	1957				Systematische Botanik u. Geobotanik			
78342	Lang	1980				Systematische Botanik und Geobotanik			
79067	Zoller	1980				Systematische Botanik und vergleichende Morphologie			
77317	Schultz	1957				Anthropologie			
79841	Lachavanne	2000				Anthropologie et ecologie des milieux aquatiques			
78491	Moeschler	1980				Anthropologie physique			
79852	Langaney	2000				Anthropologie physique			
57602	Matthey	1980				Ecologie animale			
78043	Goeldin de Tiefenau	1980				Ecologie animale			
70896	Rahier	2000				Ecologie et entomologie			
78474	Meyer	1980				Ecology			
56882	Beaumont, de-Mallet	1957				Entomologie			
64743	Bovey	1957				Entomologie			
68869	Delucchi	1980				Entomologie			
72861	Cherix	2000				Entomologie			
77640	Benz	1980				Entomologie			
77589	Aubert	1980				Entomologie et zoogeographie			
59906	Etienne-Kfourri	1980				Ethologie			
78552	Nothiger	1980				Genetik			
77750	Burla	1980				Spezielle und systematische Zoologie, okologie und Tiergeographie			
78874	Stingelin	1980				Spezielle Zoologie und vergleichende Morphologie			
57624	Ziswiler	1980				Systematische Zoologie			
80046	Newbery	2000				Vegetationsokologie			
77295	Rosin	1957				Vererbungslehre, biologisch-statistische Methoden u. Teilgebiete d. Faunistik			
80191	Richner	2000	Verhaltensforschung mit besonderer Berücksichtigung der Nutztierehtologie						
60146	Tobler	1980	Zoologie						
60389	Mermod	1980	Zoologie						
64271	Portmann	1957	Zoologie						
75513	Muller	2000	Zoologie						
78115	Hauser	1980	Zoologie						
78554	Nuesch	1957	Zoologie						
78747	Schenkel	1980	Zoologie						
79829	Kubli	2000	Zoologie						
79847	Lampel	2000	Zoologie						
80188	Reyer	2000	Zoologie						
80299	Schmid	2000	Zoologie						
80315	Scholl	2000	Zoologie						
80393	Stearns	2000	Zoologie						
80414	Stocker	2000	Zoologie						
78178	Huber	1980	Zoologie : Morphologie et Biologie des vertebres						
78970	Vogel	1980	Zoologie et ecologie animale						
77942	Fischberg	1980	Zoologie generale						
80040	Nentwig	2000	Zoologie okologischer Richtung						
78780	Schowing	1980	Zoologie Ü Biologie animale						
76619	Handschin	1957	Zoologie Ü Entomologie						
77337	Steiner	1957	Zoologie Ü Vergleichende Anatomie						

ID base « Elites suisses »	ID Nom	Année	Biologie ou chimie	Discipline principale	Sous-discipline	Domaine	Sous-discipline en détail	Echelle	Chaire d'enseignement
64270	Kalin	1957							Zoologie u. vergleichende Anatomie
78325	Kummer	1980							Zoologie, bes. Ethologie
79648	Hausser	2000							Zoologie, ecologie animale
78937	Tschanz	1980							Zoologie, insbesondere experimentelle Verhaltensbiologie
57651	Tschumi	1980							Zoologie, insbesondere Umweltbiologie und Evolutionslehre
80527	Ward	2000							Zoologie, mit besonderer Berücksichtigung der ökologie
79806	König	2000							Zoologie, speziell Verhaltensbiologie
56736	Lehmann	1957							Zoologie, vergleichende Anatomie und allgemeine Biologie
78495	Moor	1980						Echelle moléculaire	allgemeine Botanik, ab 1981 für Zellbiologie
79256	Broughton	2000							Biologie moléculaire des plantes supérieures
79686	Hohn	2000							Pflanzenmolekularbiologie
58613	Matile	1980							Allgemeine Botanik
75497	Wanner	1957							Allgemeine Botanik
75397	Schöpfer	1957							Allgemeine Botanik und allg. Biologie
75103	Frey-Wyssling	1957							Allgemeine Botanik und Pflanzenphysiologie
79261	Brunold	2000							Allgemeine Botanik und Pflanzenphysiologie
77599	Bachofen	1980							Allgemeine Botanik, Microbiologie
78611	Pilet	1980							Biologie et physiologie végétales
79680	Hofer	1980							Biologie et physiologie végétales
78479	Miege	1980							Biologie végétale
77122	Geiger-Huber	1957							Botanik
77158	Heitz-Staehelin	1957							Botanik
78650	Rast	1980							Botanik
79600	Guggenheim	2000							Botanik/Rasterelektronenmikroskopie
76817	Cosandey	1957							Botanique
77347	Terrier	1957						Echelle micro (microbiologie, physiologie, développement)	Botanique
78710	Ruch	1980							Botanique-Cryptogamie et phytopathologie
79017	Widmer	1980							Botanische Zytologie und Histologie
57613	Turian	1980							Enzymologie et Physiologie végétale
76655	Schuepp	1957							Microbiologie générale (biologie végétale)
79777	Keller	2000							Morphologie und Entwicklungsgeschichte der Pflanzen
80859	Gruissem	2000							Pflanzenbiologie, insbesondere Molekularbiologie der Pflanzen
79832	Kuhlemeier	2000							Pflanzenbiotechnologie
79454	Feller	2000							Pflanzenphysiologie
79960	Meins	2000							Pflanzenphysiologie, insbesondere Pflanzenernährung und Ertragsbildung
80422	Strasser	2000							Pflanzliche Entwicklungsbiologie
78059	Greppin	1980							Physiologie générale, physiologie végétale et ecophysiologie
78818	Siegenthaler	1980							Physiologie végétale
79070	Zryd	1980							Physiologie végétale
57354	Blanc	1980							physiologie végétale
77803	Collet	1980							Physiopathologie végétale
77708	Braun	1980							Allgemeine Mikrobiologie
79409	Dubochet	2000							Analyse ultrastructurale
60356	Kraemer-Bilbe	2000							Biologie cellulaire
80120	Picard	2000							Biologie cellulaire
79334	Coquoz	2000							Biologie forensique et hemogenetique
75564	Schibler	2000							Biologie moléculaire
77774	Caro	1980							Biologie moléculaire
78484	Miller	1980							Biologie moléculaire
79005	Weil	1980							Biologie moléculaire
80357	Shore	2000							Biologie moléculaire
78922	Tissières	1980							Biologie moléculaire (biophysique et biochimie genetique)
80044	Neuhaus	2000							Biologie moléculaire et biochimie
80209	Rochaix	2000							Biologie moléculaire et biologie végétale
77905	Eppenberger	1980							Biologie, ab 1981 für Zellbiologie
80572	Wurm	2000							Biotechnologie
80618	Bailey	2000							Biotechnologie
80833	Witholt	2000							Biotechnologie
77908	Epstein	1980							Genetique moléculaire
79965	Mermod	2000							Genetique moléculaire
80129	Pirrotta	2000							Genetique moléculaire
60625	Arber	1980							Genetique moléculaire et microbiologie
80095	Peringer	1980							Genie biologique, Biotechnologies
80768	Richmond	2000							Kristallographie biologischer Makromolekule
54115	Weissmann	1980							Molekularbiologie
78850	Staehelin	1980							Molekularbiologie
79071	Zuber	1980							Molekularbiologie
79154	Basler	2000							Molekularbiologie
79190	Bickle	2000							Molekularbiologie
80058	Noll	2000							Molekularbiologie
80267	Schaffner	2000							Molekularbiologie
80340	Seebeck	2000							Molekularbiologie
80665	Glockshuber	2000							Molekularbiologie
77664	Billetter	1980							Molekularbiologie chemisch-genetischer
75472	Birnstiel	1980							Molekularbiologie genetisch-zellbiologischer Richtung
78511	Muhlethaler	1980							Molekularbiologie in zytologischer Richtung, ab 1981 für Zellbiologie
78802	Schwyzler	1980							Molekulare Biologie chem. Richtung, ab 1968 für Molekularbiologie
60101	Monard	2000							Molekulare Neurobiologie
80842	Ban	2000							Molekulare Strukturbiologie (Biologie moléculaire et biochimie)
79095	Aebi	2000							Strukturbiologie
79435	Engel	2000							Strukturbiologie
80291	Schirmer	2000							Strukturbiologie
80890	Winkler	2000							Strukturbiologie
77962	Franklin	1980							Virologie
79641	Hauri	2000							Zellbiologie
79784	Keller	2000							Zellbiologie
80829	Werner	2000							Zellbiologie
80886	Suter	2000							Zellbiologie
80730	Mansuy	2000							zellulare Neurobiologie
78268	Kellenberger	1980							Allgemeine Mikrobiologie
80119	Philippson	2000							Angewandte Mikrobiologie
75470	Aeschlimann	1980							Biologie animale et parasitologie
80378	Spieler	2000							Biologie du développement et genetique generale
70569	Tanner	2000							Epidemiologie und medizinische Parasitologie

ID base « Elites suisses »	ID Nom	Année	Biologie ou chimie	Discipline principale	Sous-discipline	Domaine	Sous-discipline en détail	Echelle	Chaire d'enseignement
78917	Thomas	1980							Hydrobiologie
79494	Gisler	2000							Immunologie - Zellbiologie
77582	Aragno	2000							Microbiologie generale
58596	Nuesch	1980							Mikrobiologie
75436	Hennecke	2000							Mikrobiologie
78363	Leisinger	1980							Mikrobiologie
80455	Thompson	2000							Mikrobiologie
78374	Leupold	1980							Mikrobiologie und allgemeine Biologie
79803	Kohli	2000							Mikrobiologie und Molekulargenetik
77938	Fiechter	1980							Mikrobiologie, ab 1982 fur Biotechnologie
73347	Ruegg	2000							Neurobiologie
79188	Betschart	2000							Parasitologie et biologie animale
81328	Hamer	1980							Technische Biologie
57974	Schlatter	1980							Toxikologie
77701	Bovey	1980							Virologie
60206	Wittek	2000							Virologie generale et moleculaire
57925	Freyvogel	1980							Zoologie (Parasitologie, Toxicologie)
78182	Huggel	1980							Anatomie et physiologie comparees (zoologie)
70869	Wahli	1980							Biologie animale
56349	Matthey	1957							Biologie animale et zoologie comparee
77822	Crippa	1980							Biologie du developpement et biologie animale
79411	Duboule	2000							Biologie du developpement, embryologie moleculaire des vertebres
58606	Tardent	1980							Developpement et biologie cellulaire
75284	Ponse	1957							Endocrinologie et biologie generale
60660	Gehring	1980							Entwicklungsphysiologie und Genetik + Zellbiologie
80718	Krueger	2000							Ergonomie (physiologie, hygiene)
77793	Chen	1980							Experimentelzoologie
77219	Luscher	1957							Experimentelle Morphologie und Zoophysologie
79039	Wurgler	1980							Genetik (zoologie)
79417	Durand	2000							Physiologie
77859	Diehl	1980							Physiologie et cytologie animales
57773	Haller, de-Bernheim	1980							Protistologie
77952	Fluckiger	1980							Vergleichende Physiologie (Zoologie)
77618	Battig	1980							Vergleichende Physiologie und Verhaltensbiologie
80651	Feldon	2000				Biologie animale	Zoologie		Verhaltensneurobiologie
75487	Weber	1980							Zellbiologie und chemische Embryologie
57945	Rahm	1980							Zoologie
80958	Ulrich	1957							Zoologie
78040	Gloor	1980							Zoologie : Genetique generale animale et vegetale
52862	Geigy	1957							Zoologie : Vergl. Histologie u. Embryologie sowie Probleme d. tropischen
53293	Ursprung	1980							Zoologie (Entwicklungsbiologie)
80173	Reichert	2000							Zoologie (genetique)
78168	Honegger	1980							Zoologie (Neurobiologie)
78193	Illmensee	1980							Zoologie experimentale, embryologie et morphogenese
56268	Guyenot	1957							Zoologie generale et experimentale et anatomie comparee
79573	Greber	2000							Zoologie mit dem Schwerpunkt Zellbiologie
64269	Hadorn	1957							Zoologie Ü Vergleichende Anatomie
80332	Schumperli	2000							Zoologie zell- und entwicklungsbiologischer Richtung
57095	Baer	1957							Zoologie, anatomie comparee
75557	Hafen	2000							Zoologie, insbesondere molekulare Entwicklungsbiologie
79000	Wehner	1980							Zoophysologie
79455	Felix	2000							Zoophysologie
54260	Burger	1980							Biochemie
75514	Riezman	2000							Biochemie
77227	Martius	1957							Biochemie
77770	Carafoli	1980							Biochemie
78697	Rosenbusch	1980							Biochemie
78738	Schatz	1980							Biochemie
78807	Semenza	1980							Biochemie
79031	Winterhalter	1980							Biochemie
79052	Zahler	1980							Biochemie
79162	Baumann	2000							Biochemie
79230	Boschetti	2000							Biochemie
79333	Conzelmann	2000							Biochemie
79440	Erni	2000							Biochemie
79626	Hall	2000							Biochemie
80238	Rusconi	2000							Biochemie
80381	Spiess	2000							Biochemie
80684	Helenius	2000							Biochemie
80843	Barral	2000							Biochemie
80868	Kutay	2000							Biochemie
77614	Bargetzi	1980		Biologie + Chimie	Biochimie	Microbiologie	Biochimie	Echelle moléculaire	Biochimie
77788	Charollais	1980							Biochimie
77855	Deshusses	1980							Biochimie
78903	Stutz	1980							Biochimie
79143	Ballivet	2000							Biochimie
79406	Dreyer	2000							Biochimie
79425	Edelstein	2000							Biochimie
79590	Gruenberg	2000							Biochimie
77565	Allet	1980							Biochimie genetique
78838	Spahr	1980							Biochimie genetique
78232	Jolles	1980							Biochimie speciale
78150	Hirt	1980							Biochimie speciale et biochimie physique
78797	Schwarz	1980							Biophysical Chemistry
70899	Wuthrich	1980							Biophysik (chimiste)
75565	Seelig	1980							Biophysikalische Chemie
77901	Engel	1980							Biophysikalische Chemie
78286	Kirschner	1980							Biophysikalische Chemie
78680	Rickli	1980							Chemie und Biochemie der Proteine
78864	Stein	1980							Chimie biologique speciale; biochimie
79159	Bauer	2000							Science des denrees alimentaires
78210	Jansonius	1980							Strukturbestimmung (crystallographie des proteines)
78407	Luscher	1980							Anwendungen der Biochemie auf medizinische Fragestellungen
57523	Wartburg, von	1980							Biochemie

ID base « Elites suisses »	ID Nom	Année	Biologie ou chimie	Discipline principale	Sous-discipline	Domaine	Sous-discipline en détail	Echelle	Chaire d'enseignement
59197	Aebi	1957							Biochimie
77592	Azzi	1980							Biochimie
77716	Brodbeck	1980							Biochimie
77797	Christen	1980							Biochimie
78025	Gey	1980							Biochimie
78186	Humbel	1980							Biochimie
78246	Kagl	1980							Biochimie
78986	Walter	1980							Biochimie
79033	Wiss	1980							Biochimie
79234	Bosshard	2000							Biochimie
79608	Gutte	2000							Biochimie
79617	Haerberli	2000							Biochimie
80077	Ott	2000							Biochimie
80132	Pluckthun	2000							Biochimie
80370	Soloz	2000							Biochimie
80372	Sonderegger	2000							Biochimie
80407	Sterchi	2000							Biochimie
80545	Wermuth	2000							Biochimie
79736	Jakob	2000					Sciences naturelles médicales (Biochimie)		Biochimie / Physiologische Chemie
79593	Grutter	2000							Biochimie, insbesondere makromolekulare Strukturbiologie
79493	Furlan	2000							Biochimie, speziell Blutgerinnung
78295	Koblet	1980							Biochimie, speziell Molekularbiologie
80054	Niggli-Sigel	2000							Biochimie, speziell Pathobiochemie
60719	Baggiolini	1980							Biochimie, speziell Zellbiochemie
77986	Froesch	1980							Biochemische Pathophysiologie
80361	Sigel	2000							Biochemische Pharmakologie
75477	Isliker-Bovet	1980							Biochimie
77717	Bron	1980							Biochimie
77989	Fulpius	1980							Biochimie
78308	Kraehenbuhl	1980							Biochimie
78411	Mach	1980							Biochimie
79091	Acha-Orbea	2000							Biochimie
79449	Fasel	2000							Biochimie
80478	Tschopp	2000							Biochimie
81022	Corradin	2000							Biochimie
75488	Renold	1980							Biochimie clinique
78364	Lemarchand-Beraud	1980							Biochimie clinique
78708	Rous	1980							Biochimie medicale
79515	Georgopoulos	2000							Biochimie medicale
79529	Giacobino	2000							Biochimie medicale
79624	Halban	2000							Biochimie medicale
79742	Jaton	2000							Biochimie medicale
80064	Offord	2000							Biochimie medicale
80569	Wollheim	2000							Biochimie medicale
79952	Maue	1980							Biochimie metabolique
79698	Hubbell	2000							Biomedizinische Technik und medizinische Informatik
59111	Mach	1980		Sciences naturelles médicales					Biologie moleculaire
80319	Schorderet	2000						Echelle moléculaire	Genetique moleculaire humaine
70443	Trachsel	2000							Molekularbiologie
79735	Jaggi	2000							Molekulare Bakteriologie
60212	Frey	2000							Molekulare Bakteriologie
79748	Jiricny	2000							Molekulare Radiobiologie
58849	Fritz-Niggli	1980							Strahlenbiologie
79804	Kolakofsky	2000							Virologie, biologie moleculaire
80595	Zubler	2000							(Immunologie, virologie?)
62374	Grasset	1957							Bacteriologie et Hygiene
77154	Hauduroy	1957							Bacteriologie et Hygiene
77141	Grumbach	1957							Bakteriologie U Serologie
80987	Desvergne	2000							Biologie animale et en genetique
78559	Odartchenko	1980							Biologie cellulaire
80543	Welker	2000							Biologie cellulaire et morphologie
79125	Aubert	2000							Biologie de la croissance et de la reproduction
79998	Montesano	2000							Cytologie
54132	Zinkernagel	2000							Experimentelle Immunologie
75558	Hengartner	2000							Experimentelle Immunologie
78647	Ramseler	1980							Experimentelle Immunologie
77900	Engel	1980							Genetique
79115	Antonarakis	2000							Genetique et microbiologie
80471	Trono	2000							Genetique et microbiologie
80103	Pescia	2000			Sciences naturelles médicales	Microbiologie			Genetique medicale
70891	Schwab	2000							Hirnforschung bzw. Neurowissenschaften
75405	Bujard	1957							Histologie normale U Embryologie generale
79822	Kress	2000							Histologie und Embryologie
78590	Perrelet	1980							Histologie, recherche ultrastructurale
76908	Mooser	1957							Hygiene U- Bakteriologie
76695	Hallauer	1957							Hygiene und Bakteriologie
77350	Tomcsik	1957							Hygiene und Bakteriologie
78203	Jachertz	1980							Hygiene und Bakteriologie
77034	Berger	1957							Hygiene, Bakteriologie u. Immunitatslehre (virologie)
77860	Dietrich	1980							Immunbiologie und medizinische Mikrobiologie
74169	Stadler	2000							Immunologie
77824	Cruchaud	1980							Immunologie
77782	Cerottini	1980							Immunologie biologique
75554	Dayer	2000							Immunologie clinique
77726	Brunner	1980							Immunologie, microbiologie medicale
78140	Hess	1980							Immunopathologie und Pathologie der Infektionskrankheiten
78996	Weck, de	1980							Klinische Immunologie
79345	Dahinden	2000							Klinische Immunologie
80121	Pichler	2000							Klinische Immunologie
80318	Schopfer	2000							Klinische Mikrobiologie
59905	Durrer	2000							Medizinische Biologie
75560	Moroni	2000							Medizinische Mikrobiologie
78265	Kayser	1980							Medizinische Mikrobiologie
79022	Wiesmann	1980							Medizinische Mikrobiologie

ID base « Elites suisses »	ID Nom	Année	Biologie ou chimie	Discipline principale	Sous-discipline	Domaine	Sous-discipline en détail	Echelle	Chaire d'enseignement
79565	Graevenitz, von	2000							Medizinische Mikrobiologie
75762	Luthy	1980							Medizinische Strahlenphysik
77687	Bonifas	1980							Microbiologie
80091	Pechere	2000							Microbiologie
78256	Karamata	1980							Microbiologie + Genetique et biologie microbiennes
79612	Haas	2000							Microbiologie fondamentale, Laboratoire de biologie microbienne
70387	Bille	2000							Microbiologie, bacteriologie medicale
60627	Diggelmann	2000							Microbiologie, virologie
78382	Lindenmann	1980							Mikrobiologie
75415	Loffler	1980							Mikrobiologie, Immunologie und Epidemiologie
60562	Erb	2000							Mikrobiologie, spez. Immunologie
79193	Bienz	2000							Mikrobiologie, spez. Virologie
79488	Friis	2000							Molekularbiologie
80495	Vassalli	2000							Morphologie, Embryologie - biologie du developpment
79097	Aguet	2000							Oncologie moleculaire
78071	Guggenheim	1980							Orale Mikrobiologie und allgemeine Immunologie
78785	Schroeder	1980							Orale Strukturbiologie
60159	Fleisch	1980							Pathophysiologie
75469	Pletscher	1980							Pathophysiologie
79940	Martin	2000							Systemneurophysiologie
79439	Eppenberger	2000							Tumorbiologische Forschung - Experimentelle Endokrinologie
79990	Molling	2000							Virologie
80223	Roth	2000							Zell- und Molekularpathologie
79404	Draeger	2000							Zellbiologie
78837	Sorkin	1980							Zellulare Immunologie
77802	Clerc	1980							Analytische Chemie
80749	Neri	2000							Biomakromolekule
80458	Thormann	2000							Chemische Analytik und Stofftrennung in klinischer Pharmakologie
77036	Bernhard	1957							Chemische Physiologie
79131	Bachmann	2000							Chimie clinique
77966	Frei	1980							Chimie et microscopie diagnostiques
77424	Favarger	1957							Chimie physiologique
77804	Colombo	1980	Klinische Chemie						
80514	Vonderschmitt	2000	Klinische Chemie						
77069	Burgin	1957	Pharmazeutische Chemie und pharma-zeutisch-chemische Analyse						
77213	Leuthardt	1957	Physiologische Chemie						
77720	Brubacher	1980	Physiologische Chemie						
78849	Stahelin	1980	Physiologische Chemie						
79905	Maecke	2000	Radiologische Chemie						
65412	Signer	1957	Allgemeine organische Chemie						
77915	Eschenmoser	1980	Allgemeine organische Chemie						
66301	Karrer	1957	Anorganische und organische Experimentalchemie						
75546	Leumann	2000	Bioorganische Chemie						
77464	Posternak	1957	Chimie biologique et organique speciale						
54440	Jacot	1980	Chimie organique						
70711	Renaud	2000	Chimie organique						
76831	Goldstein	1957	Chimie organique						
76968	Ruzicka	1957	Chimie organique						
78022	Gerdil	1980	Chimie organique						
78221	Jefford	1980	Chimie organique						
78512	Muller	1980	Chimie organique						
78566	Oppolzer	1980	Chimie organique						
78752	Schlösser	1980	Chimie organique						
78805	Seebach	1980	Chimie organique						
78971	Vogel	1980	Chimie organique						
79042	Wylér	1980	Chimie organique						
79103	Alexakis	2000	Chimie organique						
79278	Burger	2000	Chimie organique						
79378	Deschenaux	2000	Chimie organique						
79743	Jean-Petit-Matile	2000	Chimie organique						
79747	Jenny	2000	Chimie organique						
79833	Kundig	2000	Chimie organique						
80032	Mutter	2000	Chimie organique						
80039	Neier	2000	Chimie organique						
81033	Jaunin	1980	Chimie organique						
77275	Perret-Gentil	1957	Chimie organique et chimie industrielle						
77130	Giovannini	1957	Chimie organique et theorique						
60363	Tabacchi	1980	Chimie organique structurale						
79215	Bodenhausen	2000	Chimie organique, Gastro-enterologie						
77607	Balli	1980	Farbenchemie						
77397	Wizinger	1957	Farbenchemie (Chimie organique)						
71751	Suter	2000	makromolekulare Chemie						
78403	Luisi	1980	Makromolekulare Chemie						
80812	Togni	2000	Metallorganische Chemie						
77925	Fallab	1980	Moderne Strukturchemie						
77266	Nitschmann	1957	Organ. Chemie, bes. techn. wichtige Stoffklassen						
75285	Schmid	1957	Organische Chemie						
75474	Dahn	1957	Organische Chemie						
75495	Tamm	1980	Organische Chemie						
76964	Reichstein	1957	Organische Chemie						
77139	Grob	1957	Organische Chemie						
77366	Visconti	1957	Organische Chemie						
77586	Arm	1980	Organische Chemie						
77869	Dreiding	1980	Organische Chemie						
77921	Eugster	1980	Organische Chemie						
78103	Hansen	1980	Organische Chemie						
78146	Hesse	1980	Organische Chemie						
78267	Keese	1980	Organische Chemie						
78537	Neuenschwander	1980	Organische Chemie						
78608	Philipsborn, von	1980	Organische Chemie						
78742	Scheffold	1980	Organische Chemie						
78749	Schiess	1980	Organische Chemie						
79531	Giese	2000	Organische Chemie						
79559	Gossauer	2000	Organische Chemie						

ID base « Elites suisses »	ID Nom	Année	Biologie ou chimie	Discipline principale	Sous-discipline	Domaine	Sous-discipline en détail	Echelle	Chaire d'enseignement
79645	Hauser	2000							Organische Chemie
79653	Heimgartner	2000							Organische Chemie
80062	Oehme	2000							Organische Chemie
80111	Pfaltz	2000							Organische Chemie
80112	Pfander	2000							Organische Chemie
80189	Reymond	2000							Organische Chemie
80208	Robinson	2000							Organische Chemie
80350	Sequin	2000							Organische Chemie
80565	Woggon	2000							Organische Chemie
80631	Carreira	2000							Organische Chemie
80637	Diederich	2000							Organische Chemie
80687	Hilvert	2000							Organische Chemie
80820	Vasella	2000							Organische Chemie
77060	Brenner	1957							Organische Chemie + Eiwiss-Chemie und analytische organische Chemie
78571	Oth	1980							Physical organic chemistry
71348	Chen	2000							Physikalisch-Organische Chemie
77316	Schuler	1957							Physiologische Chemie
73700	Arigoni	1980							Spezielle organische Chemie
77281	Prelog	1957							Spezielle organische Chemie
77313	Schlittler	1957							Spezielle organische Chemie
78331	Kutter	1980							Analyse biologique
56851	Cherbuliez	1957							Chimie organique et pharmaceutique (1939-1966), chimie biologique des 1946
78911	Testa	1980							Chimie pharmaceutique
78933	Tronchet	1980							Chimie pharmaceutique
76829	Girardet	1957							Chimie pharmaceutique Ü Pharmacie galenique
56573	Büchi	1957							Pharmazeutische Chemie
57486	Perlia	1980							pharmazeutische Chemie
60292	Folkers	2000							Pharmazeutische Chemie
77240	Meyer	1957							Pharmazeutische Chemie
78381	Linde	1980							Pharmazeutische Chemie
78997	Weder	1980							Pharmazeutische Chemie
78627	Portmann	1980							Physiologische Chemie
76684	Feitknecht	1957							Allg. anorgan. u. physikal. Chemie
80750	Nesper	2000							Allgemeine und Anorganische Chemie
59555	Zuberbühler	1980							Anorganische Chemie
60666	Zelewsky, von	1980							Anorganische Chemie
75547	Güdel	1980							Anorganische Chemie
75568	Kaden	1980							Anorganische Chemie
76607	Erlenmeyer	1957							Anorganische Chemie
77320	Schwarzenbach	1957							Anorganische Chemie
77573	Ammeter	1980							Anorganische Chemie
77576	Anderegg	1980							Anorganische Chemie
77897	Emmenegger	1980							Anorganische Chemie
78011	Geier	1980							Anorganische Chemie
78570	Oswald	1980							Anorganische Chemie
78750	Schindler	1980							Anorganische Chemie
78773	Schneider	1980							Anorganische Chemie
78822	Sigel	1980							Anorganische Chemie
78954	Venanzi	1980							Anorganische Chemie
79170	Belser	2000							Anorganische Chemie
79179	Berke	2000							Anorganische Chemie
79332	Constable	2000							Anorganische Chemie
79604	Günter	2000							Anorganische Chemie
79706	Hülliger	2000							Anorganische Chemie
80042	Neuburger-Zehnder	2000							Anorganische Chemie
80293	Schlapfer	1980							Anorganische Chemie
80673	Grutzmacher	2000							Anorganische Chemie
78082	Gut	1980							Anorganische Chemie
79364	Decurtins	2000							Anorganische Chemie
78395	Ludi	1980							Anorganische Chemie, insbesondere Strukturchemie
80712	Koppenol	2000							Bioanorganische Chemie
80126	Piguet	2000							Chimie analytique et minerale
79674	Hilborn	2000							Chimie des Polymeres
77936	Feschotte	1980							Chimie generale et metallurgie
59099	Schumacher-Christ	1957							Chimie inorganique
78437	Marty	1980							Chimie inorganique
80432	Suss-Fink	2000							Chimie inorganique
58853	Bernauer	1980							Chimie inorganique et analytique
76746	Chardonnens	1957							Chimie inorganique et analytique
77054	Boissonnas	1957							Chimie inorganique, chimie, physique
79353	Daul	2000							Chimie inorganique, infochimie, chimie inorganique theorique et d'infochimie
78423	Marcantonatos	1980							Chimie minerale
80555	Williams	2000							Chimie minerale
75444	Bunzli	1980							Chimie minerale et analytique
77109	Flatt	1957							Chimie minerale et analytique
78470	Merbach	1980							Chimie minerale et analytique
78707	Roulet	1980							Chimie minerale et analytique
79469	Floriani	2000							Chimie minerale et analytique
63549	Wenger	1957							Chimie minerale et analytique - microchimie (des 1952)
73552	Wokaun	2000							Chimie
77101	Engeler	1957							Chimie und chemische Technologie
77381	Weber	1957							Chimie und chemische Technologie
77172	Huber	1957							Chimie, insbes. physikal.-chem. Methoden und Elektrochemie
77247	Monnier	1957							Chimie et electrochimie techniques
57707	Lerch	1980							Chimie et radiochimie
77193	Klement	1957							Chimie physique
77662	Bill	1980							Chimie physique
78019	Geoffroy	2000							Chimie physique
78052	Graetzel	1980							Chimie physique
78108	Haselbach	1980							Chimie physique
78207	Janjic	1980							Chimie physique
78233	Jørgensen	1980							Chimie physique
78333	Lacroix	1980							Chimie physique
78394	Lucken	1980							Chimie physique

ID base « Elites suisses »	ID Nom	Année	Biologie ou chimie	Discipline principale	Sous-discipline	Domaine	Sous-discipline en détail	Echelle	Chaire d'enseignement
78879	Stoekli	1980							Chimie physique
78980	Wagniere	1980							Chimie physique
79104	Allan	2000							Chimie physique
79643	Hauser	2000							Chimie physique
80449	Thiel	2000							Chimie physique
80531	Weber	2000							Chimie physique
80510	Vogel	2000							Chimie physique des polymeres et membranes
80205	Rizzo	2000							Chimie physique moleculaire
77479	Susz-Martin	1957							Chimie physique theorique
60086	Girault	2000							Chimie physique, Electrochimie
60361	Stoekli-Evans	2000							Crystallographie chimique
78581	Parthe	1980							Crystallographie structurale
79050	Yvon	2000							Crystallographie structurale
80889	van Gunsteren	2000							Informatikgestutzte Chemie (chimie physique)
78307	Kovats	1980							Institut de chimie technique
77881	Dunitz	1957							Kristallographie
77870	Dressler-Huber	1980							Molekularspektroskopie, molecular quantum physics LPC
77099	Eggert	1957							Photochimie und Photographie
59389	Ernst	1980							Physikalische Chemie
70894	Maier	2000							Physikalische Chemie
75396	Kuhn	1957							Physikalische Chemie
77079	Clusius	1957							Physikalische Chemie
77142	Grun	1957							Physikalische Chemie
77148	Gunthard	1957							Physikalische Chemie
77352	Trumpler	1957							Physikalische Chemie
77620	Bauder	1980							Physikalische Chemie
77892	Eicke	1980							Physikalische Chemie
77943	Fischer	1980							Physikalische Chemie
78024	Gerson	1980							Physikalische Chemie
78120	Heilbronner	1980							Physikalische Chemie
78763	Schmidt	1980							Physikalische Chemie
78921	Thurkauf	1980							Physikalische Chemie
79024	Wild	1980							Physikalische Chemie
79145	Bally	2000							Physikalische Chemie
79290	Calzaferri	2000							Physikalische Chemie
79699	Huber	2000							Physikalische Chemie
79700	Huber	2000							Physikalische Chemie
79704	Hug	2000							Physikalische Chemie
79755	Jungen	2000							Physikalische Chemie
79872	Leutwyler	2000							Physikalische Chemie
80561	Wirz	2000							Physikalische Chemie
80737	Meier	2000							Physikalische Chemie
80740	Merk	2000							Physikalische Chemie
80764	Quack	2000							Physikalische Chemie
80794	Schweiger	2000							Physikalische Chemie
80862	Hunenberger	2000							Physikalische Chemie
80880	Pervushin	2000							Physikalische Chemie
78633	Primas-Frauenfelder	1980							Physikalische Chemie, insbesondere theoretische Chemie
60366	Gaggeler	2000							Radio- und Nuklearchemie
78078	Gunten, von	1980							Radiochemie
75476	Gaumann	1980							Thermodynamique, spectroscopie cinetique et chimie des radiations
78826	Simon	1980							analytische Chemie
80838	Zenobi	2000							Analytische Chemie
77074	Buser	1957							Analytische Chemie und Kernchemie, insb. Anwendung von Isotopen
80678	Gunther	2000							Chemie und Spurenanalytik
80748	Morbideili	2000							Chemische Reaktionstechnik
77697	Bourne	1980							Chemische Verfahrenstechnik
77451	Monnier	1957							Chimie analytique speciale
57825	Matthey	1980							Chimie des denrees alimentaires
80973	Aubort	1980							Chimie des denrees alimentaires
78093	Haerdi	1980							Chimie generale et analytique
77723	Brunisholz	1980							Chimie generale et minerale et chimie analytique generale
75527	Buffle	2000							Chimie minerale, analytique et appliquee
78721	Rys	1980							Technische Chemie
74176	Freitag	2000							Biotechnologie
78223	Jeger	1957							Chemie organischer Naturstoffe
78106	Hartland	1980							Chemie-Ingenieurwesen
78677	Richarz	1980							Chemie-Ingenieurwesen
78687	Rippin	1980							Chemie-Ingenieurwesen (Genie chimique)
77548	Ibl	1980							Chemie-Ingenieurwesen
76949	Guyer	1957							Chemische Technologie (anorganische Richtung)
80461	Tissot	2000							Chimie appliquee et genie chimique
78388	Lohse	1980							Colorants et plastiques
78820	Siegrist	1980							Colorants et plastiques
75549	Renken	1980							Genie chimique
78620	Plattner	1980							Genie chimique
78877	Stockar, von	1980							Genie chimique
80617	Baiker, von	2000							Genie chimique
79707	Hunkeler	2000							Genie chimique
60152	Guillemin	1980							Hygiene industrielle, chimie analytique
80763	Prins	2000							Industrielle Chemie
58311	Bohni	1980							Ingenieur-Chemie
78614	Pino	1980							Makromolekulare Chemie
77164	Hopff	1957							Organisch-chemische Technologie
77939	Fink	1980							Technologie
75412	Zollinger	1980							Textil- und Farbstoffchemie

6.2 Tableaux des effectifs des figures 3.2 à 3.7

Effectifs pour la figure 3.2

	1910	1937	1957	1980	2000	Total
Biochimie	0	0	1	23	23	47
Biologie cellulaire et moléculaire	0	0	0	17	33	50
Botanique	11	16	17	35	33	112
Microbiologie	2	2	0	11	12	27
Sciences naturelles médicales (biochimie)	0	0	1	23	35	59
Sciences naturelles médicales (Biologie)	5	6	8	25	46	90
Zoologie	12	15	18	42	39	126
Effectifs totaux	30	39	45	176	221	511

Effectifs pour la figure 3.3

	1910	1937	1957	1980	2000	Total
Biologie I	25	28	19	43	44	159
Biologie II	5	11	26	133	177	352
Effectifs totaux	30	39	45	176	221	511

Effectifs pour la figure 3.5

	1910	1937	1957	1980	2000	Total
Echelle : Macro	22	23	19	43	44	151
Echelle : Micro	8	16	24	67	78	193
Echelle : Moléculaire	0	0	2	66	99	167
Effectifs totaux	30	39	45	176	221	511

Effectifs pour la figure 3.6

	1910	1937	1957	1980	2000	Total
Chimie analytique	5	3	2	7	5	22
Chimie industrielle	3	6	3	15	9	36
Chimie inorganique	6	7	8	24	27	72
Chimie organique	13	11	18	33	37	112
Chimie pharmaceutique	1	4	4	7	3	19
Chimie physique	5	8	13	28	35	89
Sciences naturelles médicales (chimie)	3	4	4	5	5	21
Effectifs totaux	36	43	52	119	121	371

Effectifs pour la figure 3.7

	1910	1937	1957	1980	2000	Total
Echelle : Appliquée	8	9	5	22	14	58
Echelle : Fondamentale	11	15	21	52	62	161
Echelle : R&D	17	19	26	45	45	152
Effectifs totaux	36	43	52	119	121	371

6.3 Effectifs des élites académiques par discipline et par cohorte

6.3.1 Nombres absolus d'élites académiques par cohorte

	1911- 1920	1921- 1930	1931- 1940	1941- 1950	1951- 1960	1961- 1970	1971- 1980	1981- 1990	1991- 2000	2001- 2010
Biologie	25	33	33	33	38	38	132	132	147	147
Chimie	33	41	41	41	51	51	119	119	118	118
Droit	64	61	61	61	85	85	151	151	183	183
Lettres	81	92	92	92	117	117	209	209	254	254
Mathématiques	23	23	23	23	35	35	95	95	102	102
Médecine	121	159	159	159	197	197	533	533	595	595
Physique	20	25	25	25	35	35	134	134	138	138
Sciences de la terre	17	22	22	22	34	34	86	86	118	118
Sciences économiques	23	48	48	48	61	61	158	158	260	260
Sciences sociales	60	62	62	62	92	92	250	250	329	329
Sciences techniques	35	46	46	46	87	87	202	202	309	309
Théologie	63	64	64	64	67	67	82	82	90	90
Effectifs totaux	565	676	676	676	899	899	2151	2151	2643	2643
Année de référence	1910	1937	1937	1937	1957	1957	1980	1980	2000	2000

6.3.2 Pourcentages d'élites académiques par cohorte

	1911- 1920	1921- 1930	1931- 1940	1941- 1950	1951- 1960	1961- 1970	1971- 1980	1981- 1990	1991- 2000	2001- 2010
Biologie	4.4	4.9	4.9	4.9	4.2	4.2	6.1	6.1	5.6	5.6
Chimie	5.8	6.1	6.1	6.1	5.7	5.7	5.5	5.5	4.5	4.5
Droit	11.3	9.0	9.0	9.0	9.5	9.5	7.0	7.0	6.9	6.9
Lettres	14.3	13.6	13.6	13.6	13.0	13.0	9.7	9.7	9.6	9.6
Mathématiques	4.1	3.4	3.4	3.4	3.9	3.9	4.4	4.4	3.9	3.9
Médecine	21.4	23.5	23.5	23.5	21.9	21.9	24.8	24.8	22.5	22.5
Physique	3.5	3.7	3.7	3.7	3.9	3.9	6.2	6.2	5.2	5.2
Sciences de la terre	3.0	3.3	3.3	3.3	3.8	3.8	4.0	4.0	4.5	4.5
Sciences économiques	4.1	7.1	7.1	7.1	6.8	6.8	7.3	7.3	9.8	9.8
Sciences sociales	10.6	9.2	9.2	9.2	10.2	10.2	11.6	11.6	12.4	12.4
Sciences techniques	6.2	6.8	6.8	6.8	9.7	9.7	9.4	9.4	11.7	11.7
Théologie	11.2	9.5	9.5	9.5	7.5	7.5	3.8	3.8	3.4	3.4
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Effectifs totaux	565	676	676	676	899	899	2151	2151	2643	2643
Année de référence	1910	1937	1937	1937	1957	1957	1980	1980	2000	2000

6.4 Distribution de la discipline des recteurs

6.4.1 Discipline des recteurs par cohorte (en nombres absolus)

	1911- 1920	1921- 1930	1931- 1940	1941- 1950	1951- 1960	1961- 1970	1971- 1980	1981- 1990	1991- 2000	2001- 2010
Biologie	1	1	3	5	3	3	0	1	1	1
Chimie	2	2	2	3	2	2	1	0	1	1
Droit	8	10	9	4	9	8	6	3	3	0
Lettres	10	8	8	4	7	5	6	2	2	2
Mathématiques	1	1	4	1	1	1	1	1	0	2
Médecine	9	7	9	12	9	6	7	5	2	1
Physique	2	3	0	3	1	3	2	3	2	2
Sciences de la terre	2	2	2	2	1	1	2	1	1	0
Sciences économiques	2	2	3	4	4	5	5	1	6	3
Sciences sociales	1	0	4	7	2	3	0	5	0	3
Sciences techniques	1	1	1	1	1	2	0	0	0	1
Théologie	7	9	8	6	10	5	2	3	4	2
Effectifs totaux	46	46	53	52	50	44	32	25	22	18

6.4.2 Discipline des recteurs dans l'absolu (en % du total par cohorte)

	1911- 1920	1921- 1930	1931- 1940	1941- 1950	1951- 1960	1961- 1970	1971- 1980	1981- 1990	1991- 2000	2001- 2010
Biologie	2.2	2.2	5.7	9.6	6.0	6.8	0	4.0	4.5	5.6
Chimie	4.3	4.3	3.8	5.8	4.0	4.5	3.1	0	4.5	5.6
Droit	17.4	21.7	17.0	7.7	18.0	18.2	18.8	12.0	13.6	0
Lettres	21.7	17.4	15.1	7.7	14.0	11.4	18.8	8.0	9.1	11.1
Mathématiques	2.2	2.2	7.5	1.9	2.0	2.3	3.1	4.0	0	11.1
Médecine	19.6	15.2	17.0	23.1	18.0	13.6	21.9	20.0	9.1	5.6
Physique	4.3	6.5	0	5.8	2.0	6.8	6.3	12.0	9.1	11.1
Sciences de la terre	4.3	4.3	3.8	3.8	2.0	2.3	6.3	4.0	4.5	0
Sciences économiques	4.3	4.3	5.7	7.7	8.0	11.4	15.6	4.0	27.3	16.7
Sciences sociales	2.2	0	7.5	13.5	4.0	6.8	0	20.0	0	16.7
Sciences techniques	2.2	2.2	1.9	1.9	2.0	4.5	0	0	0	5.6
Théologie	15.2	19.6	15.1	11.5	20.0	11.4	6.3	12.0	18.2	11.1
Effectifs totaux	46	46	53	52	50	44	32	25	22	18

Note : En gris foncé, les deux disciplines ayant le pourcentage le plus élevé selon la cohorte. En gris clair, la troisième discipline la plus importante.

6.5 Distribution de la discipline des doyens

6.5.1 Effectifs des professeurs des facultés des sciences (en % par cohorte)

	1921-1930	1931-1940	1941-1950	1951-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000
Biologie	17.4	17.4	17.4	13.6	13.6	17.2	17.2	15.8
Chimie	21.6	21.6	21.6	18.2	18.2	15.5	15.5	12.7
Mathématiques	12.1	12.1	12.1	12.5	12.5	12.4	12.4	10.9
Physique	13.2	13.2	13.2	12.5	12.5	17.4	17.4	14.8
Sciences de la terre	11.6	11.6	11.6	12.1	12.1	11.2	11.2	12.7
Sciences techniques	24.2	24.2	24.2	31.1	31.1	26.3	26.3	33.2
Total pour la catégorie (Autre)	61.1	61.1	61.1	68.2	68.2	67.3	67.3	71.6
Total	100							
Effectifs totaux	190	190	190	280	280	768	768	932
Année de référence	1937	1937	1937	1957	1957	1980	1980	2000

6.5.2 Discipline des doyens des facultés des sciences dans l'absolu (en nombres absolus)

	1921-1930	1931-1940	1941-1950	1951-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000
Biologie	10	8	10	6	6	6	11	4
Chimie	10	7	9	17	11	10	14	11
Autre	17	18	17	24	29	23	18	24
Total	46	46	53	52	50	44	32	25

6.5.3 Discipline des doyens des facultés des sciences (en % du total par cohorte)

	1921-1930	1931-1940	1941-1950	1951-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000
Biologie	27.0	24.2	27.8	12.8	13.0	15.4	25.6	10.3
Chimie	27.0	21.2	25.0	36.2	23.9	25.6	32.6	28.2
Autre	45.9	54.5	47.2	51.1	63.0	59.0	41.9	61.5
Total	100							

6.5.4 Discipline des doyens des facultés des sciences (en % pondérés par l'importance relative des disciplines)

	1921-1930	1931-1940	1941-1950	1951-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000
Biologie	43.7	42.7	45.3	25.6	30.1	26.1	35.3	17.4
Chimie	35.2	30.0	32.8	54.0	41.1	48.3	49.9	59.6
Autre	21.1	27.3	21.9	20.4	28.9	25.6	14.8	23.0
Total	100							

Chapitre 4 : Des espaces disciplinaires distincts ? Positions, capitaux et carrières

« Un habitus de philologue, c'est à la fois un « métier », un capital de techniques, de références, un ensemble de « croyances », comme la propension à accorder autant d'importance aux notes qu'au texte, propriétés qui tiennent à l'histoire (nationale et internationale) de la discipline, à sa position (intermédiaire) dans la hiérarchie des disciplines, et qui sont à la fois la condition du fonctionnement du champ et le produit de ce fonctionnement. »

(Bourdieu 1984b : 114)

Ce chapitre a pour objectif de comprendre comment l'affirmation de la biologie moléculaire et de la biologie fonctionnelle au sens large a contribué à reconfigurer la hiérarchie des disciplines et leurs relations dans la seconde moitié du xx^e siècle. Pour cela, nous proposons d'aborder les disciplines de la biologie et de la chimie comme des *espaces* dynamiques dont les frontières peuvent être poreuses et témoigner d'un degré d'autonomie pouvant varier d'une spécialisation à l'autre. Ces espaces peuvent précisément être définis comme des structures relationnelles au sein desquelles des acteurs scientifiques se distinguent selon certains critères donnant accès à certaines positions hiérarchisées entre elles. L'approche des logiques de structuration des disciplines dans ce chapitre se situe dans la poursuite des travaux de Bourdieu sur le champ scientifique (1976, 2001) et le champ académique (1984a). Une telle perspective est intéressante car elle permet d'une part de mettre les individus et leurs propriétés sociales au centre de l'analyse des disciplines dans leur dimension collective (Bourdieu 2001) et, d'autre part, d'aborder une question centrale pour comprendre les transformations scientifiques : quelles sont les « règles du jeu » qui déterminent la distinction entre agents dominants et dominés et quels sont les critères selon lesquels cette distinction s'opère ?

L'introduction d'une perspective structurale et relationnelle dans l'étude des transformations de la biologie et de la chimie permet d'aborder deux aspects encore très peu développés, voire absents de la littérature sur le cas suisse. D'abord, la distribution inégale des ressources entre les professeurs, c'est-à-dire leur dotation différenciée en *capitaux*, permet de montrer comment s'opèrent les distinctions qui déterminent la hiérarchie des disciplines. La comparaison de la structure de l'espace des professeurs pour 1957, 1980 et 2000 rend de plus possible une réflexion sur les variations de l'autonomie relative de cet espace et des disciplines face aux logiques exogènes et notamment extra-académiques. Ensuite, l'analyse systématique des carrières des professeurs rajoute une dimension biographique au processus d'acquisition des ressources nécessaires pour l'accès à certaines positions. Par une approche en termes d'accumulation et de conversion des capitaux (Savage et al. 2005), nous aborderons le degré d'ouverture des frontières des disciplines aussi bien aux autres disciplines qu'aux logiques provenant de sphères extra-académiques.

Le chapitre est organisé comme suit : dans une première partie, nous présenterons la perspective structurale et relationnelle dans laquelle s'inscrit notre démarche et en quoi elle se révèle utile pour comprendre les évolutions de la biologie et de la chimie. Ensuite, nous articulerons les transformations des deux disciplines avec une théorie de l'autonomie relative et des frontières disciplinaires et rappellerons nos questions de recherche et hypothèses. La deuxième partie du chapitre sera entièrement consacrée à l'analyse de l'espace des professeurs de biologie et de chimie. D'abord, nous

présenterons l'opérationnalisation de quatre capitaux agissant comme ressources dans cet espace : le capital scientifique, le capital de pouvoir temporel, le capital extra-académique et le capital international. Nous mènerons ensuite une analyse des correspondances multiples (ACM) sur l'ensemble des professeurs de 1957, 1980 et 2000. L'objectif est d'abord de considérer et décrire les logiques d'opposition qui structurent l'espace de ces professeurs. Ensuite, nous montrerons comment les logiques disciplinaires sont dynamiques dans le temps (selon les cohortes) et dans l'espace (place des disciplines). Finalement, nous nous concentrerons sur la structuration interne de la biologie et de la chimie par le biais une *class specific analysis* (CSA), une méthode qui permet de mesurer l'association entre les dimensions structurantes de l'espace global et celles des espaces formés par les deux disciplines prises séparément.

La troisième partie de ce chapitre se concentrera sur les carrières des professeurs. Nous montrerons en quoi elles peuvent amener une dimension biographique et quantitative encore trop peu traitée dans la sociologie et l'histoire des sciences. Nous présenterons d'abord l'intérêt d'une analyse séquentielle des trajectoires individuelles, puis nous exposerons la méthode, les indicateurs et la distribution générale des carrières. Ensuite, nous nous focaliserons sur trois thématiques. *Premièrement*, la structure des carrières en termes d'ordre de succession des principales phases, de rythme et de temporalité nous permettra de dégager une typologie des parcours dont nous pourrions analyser les évolutions de 1957 à 2000. *Deuxièmement*, nous reviendrons sur l'importance progressive des parcours internationaux comme une ressource spécifique pour l'accès aux postes de professeurs. *Troisièmement*, nous montrerons comment les types de trajectoires peuvent être reliés aux profils des professeurs. En fin de chapitre, nous présenterons une synthèse de la structure de l'espace de la biologie et de la chimie articulant les dimensions des positions, des capitaux et des carrières des professeurs.

1. Logiques de champ et logiques disciplinaires en sciences de la vie : Une perspective structurale et relationnelle

Avant de présenter notre analyse en détail, il convient de revenir sur l'intérêt d'aborder la biologie et la chimie comme des *espaces* relationnels structurés par les capitaux détenus par les professeurs et comment cette perspective permet de compléter les analyses historiques et institutionnelles menées sur ces deux disciplines. Nous cherchons à dépasser le cas spécifique de la biologie moléculaire, assez largement traité dans la littérature, pour l'inclure dans l'ensemble plus large de tous les professeurs de biologie et de chimie. D'une manière relative, ce qui touche les uns touche également les autres et ne s'intéresser qu'à la biologie moléculaire empêche de comprendre dans quelle mesure son affirmation a eu un impact sur les disciplines mises de côté par la littérature classique. De fait, l'analyse de l'état des positions occupées par ces professeurs au sein de l'espace formé par les relations entre ces mêmes positions amène une compréhension proprement dynamique de ces mouvements.

L'histoire des disciplines a montré comment celles-ci se sont développées de manière différenciée et se sont divisées en spécialisations bénéficiant de plus ou moins de légitimité et de reconnaissance de la part des pouvoirs scientifiques et institutionnels, mais aussi politiques et économiques. Au-delà des particularités disciplinaires, les profils des professeurs semblent également avoir changé en même temps que le rôle et l'importance relative des différentes ressources ont varié au long du xx^e siècle. Les reconfigurations disciplinaires présentées dans le chapitre précédent, les transformations des institutions académiques, l'internationalisation des profils et des carrières ainsi que la forme changeante des coopérations entre l'académie et le secteur privé participent à faire varier le degré

d'autonomie du champ académique. Ce chapitre s'interroge sur les dynamiques de ces transformations et pose la question générale suivante : Comment l'espace des professeurs de biologie et de chimie s'est-il transformé dans la deuxième moitié du xx^e siècle ?

Pour répondre à cette question, nous nous intéressons aux dynamiques relationnelles entre les professeurs mesurées par la distance entre leur position sociale au sein d'un espace ainsi qu'à la manière dont les disciplines et les cohortes reflètent ou déterminent ces configurations. Le degré d'autonomie entendu comme la capacité d'un champ à appliquer ses logiques propres aux agents du champ et non pas de subir les logiques d'un autre champ est un concept central et très utile pour aborder cette question (Bourdieu 1984b). Considérer les positions des professeurs en relation d'un point de vue structurel permet d'aborder les évolutions des critères qui construisent des oppositions entre des configurations spécifiques de capitaux et est particulièrement pertinent pour comprendre les transformations du champ liées à l'affirmation de la biologie moléculaire (Gingras 2012). Une discipline peut être définie par les propriétés qu'elle doit à sa position dans l'espace des sciences, l'un des principes de différenciation les plus importants étant l'importance du capital de ressources collectives qu'elle a accumulé et, corrélativement, l'autonomie dont elle dispose à l'égard des contraintes externes au champ scientifique (Bourdieu 2001).

La théorie des champs implique une logique de type fractale, c'est-à-dire que les structures d'opposition se répètent dans les champs à différents niveaux. Dans le cas du champ académique formé des universités, des facultés, des laboratoires, des unités de recherche et des chercheurs, on peut retrouver des logiques de structure similaires à ces différents niveaux organisationnels. Dans le champ scientifique, on retrouve également ce principe de répartition des disciplines hiérarchisées au sein de l'espace des sciences, des sous-disciplines au sein des espaces disciplinaires, ou encore des objets de recherche ou des méthodes à l'intérieur des spécialisations. Abbott (2001a) utilise cette notion pour montrer comment les frontières des disciplines se redessinent plus finement à mesure que l'on descend vers la dimension *micro*, mais continuent de refléter une logique de structure systématique et durable dans le temps à l'échelle *macro*. En ce sens, de même que les institutions académiques ont la particularité de demeurer particulièrement stables sur le long terme, la logique proprement disciplinaire se retrouve constamment au centre des interactions à la base de la création de nouveaux domaines d'études (Abbott 2001a). Ainsi, l'analyse des structures d'opposition qui distinguent les professeurs et les relations entre les positions occupées par ceux-ci dans l'espace formé par les configurations spécifiques de capitaux peut nous permettre de comprendre les logiques qui structurent la hiérarchie sociale des disciplines. En d'autres termes, la question est de savoir si la place des disciplines se retrouve de manière sociale.

Dans une deuxième partie du chapitre, l'analyse des carrières des professeurs permettra de renforcer cette première cartographie de la structure des relations entre les positions des professeurs. Les données récoltées systématiquement pour chaque année de la carrière nous renseignent sur la succession des postes occupés dès l'âge de 20 ans, du point de vue de leur type, de leur lieu et de leur durée. Nous chercherons à comprendre dans quelle mesure ces parcours professionnels peuvent eux-mêmes refléter des trajectoires d'apprentissage plus ou moins balisées et faisant intervenir une succession d'étapes au sein du monde académique, mais aussi extra-académiques. De même que les carrières académiques permettent l'accumulation de ressources de connaissance et de reconnaissance par les pairs, l'expérience acquise dans le secteur privé peut également être convertie en expertise au sein du champ académique. Dans la partie qui suit, nous présentons les quatre types de capitaux qui agissent comme des ressources de distinction au sein de l'espace des professeurs.

1.1 Le pouvoir des professeurs : quatre types de capitaux

L'utilisation de l'ACM comme méthode implique de définir a priori un certain nombre de ressources qui participent à structurer l'espace. « Pour qu'un champ marche, il faut qu'il y ait des enjeux et des gens prêts à jouer le jeu, dotés de l'*habitus* impliquant la connaissance et la reconnaissance des lois immanentes du jeu, des enjeux, etc. » (Bourdieu 1984b : 114). La littérature a montré différentes dimensions de la création et de l'affirmation des disciplines, la hiérarchie des disciplines et des positions dans le champ scientifique reposant non seulement sur des logiques de crédibilité scientifique, mais aussi de pouvoir temporel et d'expériences extra-académiques dans un contexte d'internationalisation croissante de la production du savoir et des trajectoires académiques. Nous reprenons ces quatre dimensions pour définir quatre types de capitaux dont la distribution permet de dégager les structures d'opposition qui déterminent les relations entre les agents¹²³.

Le premier capital structurant l'espace des professeurs est ainsi un capital de type *scientifique* (Bourdieu 1976). Agissant à la fois comme capital de connaissance et de reconnaissance au sein du champ scientifique, il fonctionne comme une mesure de la crédibilité ou de la légitimité d'un professeur. Acquis principalement par le biais de l'activité de recherche et de publication, il peut prendre des formes diverses et se différencier selon le type de fonction occupée et le lieu d'exercice de cette fonction. On retrouve certaines marques de consécration scientifique, comme l'obtention d'un prix couronnant les découvertes et la carrière d'un chercheur. Ces prix sont eux-mêmes hiérarchisés et sont considérés comme d'autant plus difficiles à obtenir qu'ils sont prestigieux. Le capital scientifique peut également s'acquérir au travers de l'occupation de fonctions dans des institutions prestigieuses, en Suisse ou à l'étranger. Dans les sciences naturelles, certains centres de recherche bénéficient d'une large reconnaissance symbolique, conférant aux individus y ayant occupé une fonction de bénéficiaire à leur tour d'un volume de capital symbolique non négligeable. C'est par exemple le cas de l'European Molecular Biology Laboratory (EMBL) à Heidelberg en Allemagne pour la recherche en biologie moléculaire, comme ce fut le cas plus tôt de l'Institut Pasteur en France dans la recherche en biochimie. Un tel capital peut aussi être acquis au sein d'un laboratoire financé par le secteur privé, comme c'est le cas en Suisse du Friedrich Miescher Institute (FMI) financé par la Fondation Novartis mais dédié à la recherche fondamentale¹²⁴.

Le deuxième capital est un capital de type institutionnel qui confère un pouvoir *temporel* (Bourdieu 1984a). Mesuré par la présence au sein des rectorats et des décanats au sein des universités, de même qu'au sein des comités des institutions de promotion et de financement de la recherche scientifique, ce capital confère un pouvoir décisionnel sur l'organisation scientifique et se distingue théoriquement du capital scientifique. Les professeurs occupant de telles positions ne sont pas nécessairement ceux qui ont le plus de temps disponible pour exercer concrètement une activité pouvant être mesurée par des indicateurs de capital scientifique. Outre le pouvoir exécutif au sein des structures institutionnelles des académies et des organisations de pilotage des politiques de la science, le pouvoir temporel confère aux individus qui le détiennent le pouvoir d'évaluer les projets scientifiques soumis au

¹²³ Dans ce chapitre, nous cherchons à comprendre les relations objectives entre les positions occupées par les professeurs et qui forment ce que nous appellerons l'*espace des professeurs*. De manière assez classique, nous intégrons les capitaux scientifique et institutionnel (Bourdieu 1976, 1984a) auxquels nous rajoutons le capital international et le capital extra-académique. Pour des raisons qui ont été présentées dans la partie consacrée à l'histoire de la thèse et à la démarche de recherche, nous traitons des enjeux du capital social dans le chapitre 5 qui sera entièrement consacré aux réseaux des collaborations (inter)disciplinaires des professeurs dans le cadre des co-requêtes de projets de recherche financés par le FNS.

¹²⁴ Enfin, il existe une tendance accrue à mesurer la *performance* scientifique par le nombre de productions des chercheurs, le nombre et les réseaux de co-citations d'articles ou encore le degré de prestige des revues des publications mesurées par des classements internationaux (Gingras 2014). Ce type d'indicateur n'est pas utilisé ici car, à moins d'une entreprise véritablement chronophage de réadaptation du système de comptage et de pondération en fonction des périodes historiques, des carrières et des disciplines, il semble trop peu fiable pour l'intégrer comme mesure de capital scientifique.

concours pour l'octroi de financements. Autrement dit, ils sont à la fois les promoteurs et les représentants des disciplines et des spécialisations disciplinaires. S'ils ne *font* pas nécessairement de la recherche, ils *décident* de la légitimité des orientations scientifiques en établissant les critères d'évaluation de la recherche. Chez Bourdieu (1984b), le capital de pouvoir temporel fonctionne en concurrence au pouvoir scientifique tant il est difficile pour un agent de combiner les deux types de capitaux. Cependant, notre première analyse descriptive menée dans le chapitre précédent a montré l'intérêt d'opérer une distinction entre deux types de capitaux institutionnels. D'un côté, celui qui est rattaché à l'occupation de fonctions de membres d'organisations de promotion et de financement de l'activité scientifique dont on peut faire l'hypothèse qu'il se lie plus facilement au capital scientifique que celui, de l'autre, qui est rattaché aux fonctions de recteur et de doyen qui incarnerait une forme de pouvoir de résistance face aux disciplines les plus prestigieuses.

Le troisième capital est un capital de type *extra-académique* issu des expériences accumulées à l'extérieur du monde universitaire et mesuré par l'occupation de positions professionnelles durant la carrière. Il peut être accumulé par le biais d'une activité professionnelle, comme l'exercice du métier de chimiste ou de biologiste cantonal, au sein d'une entreprise privée comme d'un service d'une administration publique, en Suisse ou à l'étranger. Il peut également l'être au travers de l'exercice du métier de chercheur dans une institution ouvertement non académique, c'est-à-dire qui ne fait pas partie du système de l'enseignement supérieur et qui ne peut pas délivrer de diplômes reconnus par l'Etat. Par contre, il n'inclut pas les positions occupées à la direction d'entreprises privées ou dans leurs conseils d'administration, de même qu'il ne prend pas en compte la détention de brevets, la participation à des start-up ou encore le financement de la recherche ou des chaires par le secteur privé. En d'autres termes, ce n'est pas le degré de *commercialisation* de la recherche qui est mesuré ici, mais la possibilité de la conversion de l'expérience professionnelle vers l'académie et le poste de professeur.

Enfin, le quatrième capital est un capital de type *international*. A la différence du capital scientifique acquis lors d'un séjour dans une institution hors de la Suisse, le capital international reflète davantage l'expérience proprement rattachée au fait d'avoir effectué un séjour à l'étranger et la légitimité procurée par la mobilité internationale (Bühlmann et al. 2013). Il est à la fois suffisant à lui-même, c'est-à-dire que le capital international constitue une ressource à lui seul, et à la fois renforce le capital scientifique lorsqu'il est acquis à l'étranger. Par exemple, le fait d'avoir effectué et obtenu un doctorat dans une prestigieuse institution agit comme un pouvoir symbolique bien plus important que la « qualité » qui pourrait être accordée au travail lui-même. C'est ainsi moins le titre obtenu que le prestige de l'institution qui l'accorde qui mesure le degré de reconnaissance accordé à l'individu. Le capital international est également renforcé par la durée du séjour, et l'on peut faire l'hypothèse qu'un mandat prolongé dans un pays autre que celui d'origine confèrera un volume de capital international important, notamment en termes d'expériences professionnelles et de construction de réseaux.

1.2 Autonomie relative et frontières disciplinaires : quatre questions de recherche

L'importance relative de ces quatre capitaux peut se modifier dans le temps et selon les disciplines. Selon le degré d'ouverture de l'espace, il devient possible de convertir des ressources de type non scientifique en capital spécifique et, de ce fait, accéder aux positions de professeur. Les champs ne sont jamais complètement autonomes et peuvent être plus ou moins poreux aux logiques exogènes à ceux-ci. En d'autres termes, des ressources provenant d'autres champs peuvent, selon les

circonstances, être converties en capital au sein de l'académie¹²⁵. La question relative aux conséquences de l'internationalisation du champ scientifique et l'intégration de logiques économiques dans la gouvernance des universités sur le degré d'ouverture du champ académique à des enjeux extérieurs, notamment politiques et économiques dans la période récente, est centrale dans la littérature traitant des transformations des modes de production du savoir. Beaucoup soulignent l'intégration progressive au sein des institutions académiques de logiques *hétérogènes* au monde scientifique. Bien qu'ils ne s'accordent pas sur des indicateurs précis de ces changements et qu'ils s'opposent de manière normative sur certains aspects, les travaux discutant l'impact de la « nouvelle économie du savoir » et des réformes des systèmes de l'enseignement supérieur sur les pratiques de recherche s'accordent sur le constat d'une diminution de l'importance des critères reposant sur des logiques d'évaluation scientifique face à d'autres, notamment importées du champ économique, telles que le *new public management*, la concurrence des *ranking* entre institutions académiques et entre chercheurs ou la *commercialisation* de la recherche par la valorisation des résultats de la recherche sous forme de brevets ou de start-up.

Pour les tenants de la théorie du « mode 2 » comme Gibbons et al. (1994), Etzkowitz et Leydesdorff (1998) ou Clark (1998), la période récente témoigne clairement d'une *hétéronomisation* des normes de la production du savoir, de la fin des disciplines et d'une intégration de plus en plus importante des intérêts exogènes à l'académie dans l'activité scientifique. Les travaux soulignant l'importance prise par le profil du chercheur entrepreneur vont aussi dans le même sens (Gaudillière 2015, Owen-Smith & Powell 2004). Les approches institutionnelles (Musselin 2005, 2008, 2010, Fumasoli et al. 2015, Paradeise et al. 2015) font un constat plus nuancé en montrant que les logiques de privatisation de la gestion des universités et de l'internationalisation du champ scientifique ont aussi pour conséquence un renforcement des critères de sélection ainsi qu'une standardisation et de formalisation des carrières académiques (Enders & De Weert 2004, Enders 2005, Goastellec & Benninghoff 2011). Enfin, d'autres travaux soutiennent plutôt la thèse d'un renforcement de l'*autonomie* du champ malgré les dynamiques d'internationalisation des pratiques scientifiques et cherchent à montrer comment la généralisation des institutions de recherche, des cursus de formation et de l'évaluation des pratiques participent à renforcer la fermeture du champ scientifique ou, en tout cas, ne remettent pas en question la permanence des logiques académiques et disciplinaires (Gingras 2002, Gingras & Gemme 2006, Marcovich & Shinn 2011, Abbott 2001a). Ne se cantonnant pas à la période récente, cette perspective intègre un regard davantage historique sur le développement des sciences qui n'exclut pas des variations ponctuelles, notamment dans la période récente, et invite à aborder ces questions en termes de variation de l'autonomie relative (Bourdieu 2001, Gingras 2012). En adoptant cette dernière perspective, nous présentons quatre questions de recherche qui guident et structurent ce chapitre consacré aux transformations de l'espace des professeurs de biologie et de chimie.

La **première question de recherche** est liée à la hiérarchie des positions au sein de l'espace, c'est-à-dire à la distribution des capitaux entre les professeurs, et aux modifications dans le temps de la structure de l'espace. Elle interroge l'importance relative des ressources scientifiques et institutionnelles face aux logiques des autres champs (économique et politique). Elle peut être formulée ainsi : L'analyse de la distribution des capitaux entre les professeurs montre-t-elle plutôt un mouvement d'hétéronomisation de l'espace ou, autre contraire, un renforcement des logiques *autonomes* **(Q1)** ? Nous avons défini quatre types de capitaux qui agissent comme des ressources dans

¹²⁵ La détention de fonds pour la recherche est une forme typique du capital économique qui, corrélée au capital de reconnaissance scientifique, renforce la position des agents qui les obtiennent, l'octroi de fonds étant lui-même facilité par la légitimité que confère la position occupée dans l'échelle des postes académiques, du prestige scientifique ou de la discipline du projet déposé. Ainsi, à l'intérieur même du champ scientifique, le capital symbolique est aussi relié au capital économique requis pour faire de la recherche (Gingras 2012 : 286).

l'espace des professeurs : le capital scientifique, le capital institutionnel, le capital international et le capital extra-académique. On peut faire l'hypothèse d'une *homologie* structurale générale entre cet espace et le champ académique, principalement pour deux raisons. Premièrement, parce que les professeurs sont définis par la fonction ou le poste qu'ils occupent dans la structure institutionnelle des universités, notamment dans les facultés qui forment le champ académique chez Bourdieu. Deuxièmement, l'on peut faire l'hypothèse que les logiques d'opposition dans le champ académique seront également structurantes de l'espace des professeurs, bien qu'avec une importance qui pourrait potentiellement varier¹²⁶. D'un côté, le capital *scientifique* défini comme capital de connaissance et de reconnaissance par les pairs (Bourdieu 1976) et, de l'autre, le capital de pouvoir *temporel* (Bourdieu 1984a) exercé par l'intermédiaire de positions occupées dans la hiérarchie institutionnelle des universités et des organisations de promotion et de financement de la recherche. Ces deux principes de hiérarchisation du champ académique participent à créer une distinction entre un pôle « scientifique » et un pôle « mondain », le premier étant le plus *autonome* des deux, celui pour lequel les enjeux liés au champ scientifique, donc au capital scientifique, sont les plus déterminants. Nous incluons également le capital international (Bühlmann et al. 2013) dont on peut faire l'hypothèse que son importance croissante participe à renforcer le capital scientifique et donc les logiques autonomes de l'espace. Enfin, la détention de capital extra-académique est plutôt un marqueur de diversité du capital spécifique lié au pôle *hétéronome* de l'espace, impliquant la possibilité de convertir l'expérience acquise hors de la sphère académique en position de professeur. L'articulation entre ces quatre types de capitaux permettra de déterminer les logiques d'opposition qui structurent l'espace et de déterminer ce qui distingue les positions dominantes des positions dominées et les disciplines ou sous-disciplines qui sont plutôt rattachées à l'une ou l'autre fraction de l'espace.

La **deuxième question de recherche** est directement liée à cette dernière dimension et peut être formulée comme suit : Comment le capital institutionnel se distingue-t-il du capital scientifique dans le cas des disciplines de la biologie et de la chimie (**Q2**) ? Dans le chapitre précédent, nous avons fait l'hypothèse d'une distinction entre deux formes de capital institutionnel. D'un côté, les positions occupées au sein des structures universitaires reliées aux fonctions exécutives telles que celles de recteur et de doyen semblent s'opposer au capital scientifique, dans une logique similaire à celle décrite par Bourdieu dans *Homo Academicus* (1984a). De l'autre côté, les membres des organisations de financement et de promotion de la science possèdent un profil disciplinaire différent des recteurs et des doyens et sont très majoritairement des représentants des disciplines prestigieuses (en tout cas pour la biologie), contrairement aux seconds qui sont plutôt affiliés aux disciplines « traditionnelles ». Dans ce chapitre, nous chercherons à voir dans quelle mesure cette hypothèse se confirme en intégrant une mesure plus complète des capitaux. Nous pourrions donc évaluer si le lien entre le capital scientifique et ces deux formes de capital institutionnel est plus ou moins développé pour l'une ou pour l'autre, et dans quelle mesure ils sont reliés aux capitaux extra-académique et international.

Notre **troisième question de recherche** interroge les ancrages disciplinaires des structures d'opposition entre les professeurs. Autrement dit : Peut-on distinguer des configurations de capitaux et des relations spécifiques entre les positions des professeurs basées sur les disciplines (**Q3**) ? Et, concrètement, l'affirmation de la biologie moléculaire se traduit-elle par une concentration par ses représentants des ressources de pouvoir au détriment des autres disciplines ? Comme nous le mentionnions dans le chapitre précédent, les disciplines constituent le référentiel principal de la

¹²⁶ L'importance des différents capitaux peut varier en fonction du degré d'ouverture des disciplines, comme nous l'avons développé au point 2.2.1 consacré à la structure des champs académique et scientifique dans la partie théorique de la thèse (chapitre 1). Ainsi, l'on peut considérer le programme de recherche d'*Homo Academicus* (Bourdieu 1984a) comme parfaitement adaptable aux particularités des champs nationaux et des spécificités disciplinaires (Bourdieu & Wacquant 1992).

construction des *habitus* disciplinaires compris comme des dispositions à penser et faire la science et restent les structures de référence en matière de normes scientifiques en définissant les cadres des critères d'évaluation de la production scientifique (Bourdieu 2001, Heilbron & Gingras 2015). En considérant que les logiques des champs se retrouvent à différents niveaux, l'on peut s'attendre à ce que des distinctions s'opèrent à l'intérieur des disciplines sur un modèle similaire à l'espace global dont elles font partie. Cependant, l'histoire des sciences a montré un certain nombre de différences entre l'organisation de celles-ci : notamment dans leur rapport à la sphère privée plus développée en chimie qu'en biologie et dans le degré de hiérarchisation des sous-disciplines qui semble plus important dans le cas de la biologie que dans celui de la chimie. Nous pouvons formuler deux hypothèses. Premièrement, il est possible que les ressources acquises hors de la sphère académique soient plus valorisées et donc plus facilement convertibles dans l'obtention d'un poste académique dans le cas de la chimie que dans celui de la biologie. Deuxièmement, il est probable que les positions occupées par les professeurs de biologie suivent davantage une logique de distinction basée sur le capital scientifique et international que celles des professeurs de chimie, pour lesquels le capital extra-académique pourrait prendre une importance plus grande.

Enfin, notre **quatrième question de recherche** concerne les carrières des professeurs et peut être formulée de la manière suivante : Quelles sont les conséquences des variations dans le degré d'autonomie de l'espace des professeurs sur la structure des carrières en termes de rythmes, de temporalités et du type de ressources accumulées (**Q4**) ? Pour répondre à cette question, nous analyserons principalement deux aspects des carrières : les liens entre la structure changeante des carrières et les positions dans l'espace des professeurs et le rôle de l'internationalisation des parcours dans le renforcement du capital scientifique pour la fraction la plus *autonome* de l'espace. Selon les époques, les modalités d'accès à l'élite professorale ont pris des formes variées. Les ressources et les expériences considérées comme les critères d'accès aux postes stabilisés sont celles qui sont considérées comme légitimes par les pairs et, de ce fait, renseignent sur le fonctionnement de la hiérarchie des positions académiques. De manière générale, plus les carrières sont balisées, plus on peut considérer que l'autonomie du champ scientifique est grande (Gingras 2012). Historiquement, différentes formes d'organisation de la production scientifique se sont succédées, impliquant des changements dans les structures des carrières. Dans la période récente, les réformes des systèmes de l'enseignement supérieur ont eu des conséquences autant sur les « étapes » institutionnelles des carrières que sur les critères à remplir pour accéder aux fonctions supérieures du champ académique (Goastellec & Benninghoff 2011 : 131). Cette tendance prend notamment la forme d'une régulation plus stricte des carrières académiques qui semble commune à la plupart des systèmes académiques occidentaux (Musselin 2005). Notamment, on peut souligner une professionnalisation du champ qui se traduit par une formalisation des règles et une harmonisation des procédures de recrutement s'accompagnant d'une standardisation des étapes de la carrière, notamment dans les postes en pré-titularisation (Goastellec & Benninghoff 2011).

Un autre aspect important des modifications des modèles de carrières académiques est la fréquence croissante des carrières internationales et la légitimité accrue accordée à ce type d'expérience. La mobilité internationale peut prendre le rôle de marqueur d'excellence et favoriser le recrutement, notamment dans les premières phases de la carrière (Fumasoli et al. 2015). Brechelmacher et al. (2015 : 25) soulignent que, dans le cas suisse, la mobilité sur le long terme est particulièrement favorisée et fonctionne même comme une phase obligatoire durant l'étape postdoctorale. De manière générale, les expériences internationales, notamment les longs séjours à l'étranger et les échanges réguliers avec des chercheurs d'autres pays, se sont vues de plus en plus valorisées dans les dernières décennies. Comme nous l'avons mentionné, ce capital international confère un certain prestige permettant la nomination en tant que professeur. Au vu de l'impressionnante proportion de professeurs étrangers

en Suisse, cette forme de capital va même jusqu'à être considérée comme une quasi-condition pour l'accès aux postes stabilisés (Rossier et al. 2015 : 121, Goastellec & Pekari 2013). Nous faisons donc l'hypothèse d'une augmentation de l'internationalité des carrières dans la période récente, en termes de fréquence mais aussi de durée, ainsi que d'un renforcement de la légitimité accordée aux séjours postdoctoraux effectués à l'étranger, ce type de carrière pouvant ouvrir l'accès à des positions dominantes.

2. L'espace des professeurs de biologie et de chimie (1957-2000)

Pour répondre à nos questions de recherche, nous abordons les logiques qui structurent la biologie et la chimie au travers d'une analyse des correspondances multiples (ACM). L'ACM est une méthode particulièrement appropriée pour rendre compte des dynamiques sociales contribuant à former la hiérarchie des sciences. Elle permet de mettre en lien les caractéristiques des individus comme des propriétés dont le degré de ressemblance ou de dissemblance peut être mesuré en termes de distance géométrique au sein d'un espace (Lebaron & Le Roux 2013). Il est alors possible d'identifier quelles sont les modalités dites *actives* qui contribuent à former les dimensions de cet espace, c'est-à-dire des axes d'opposition pouvant être interprétés comme les principes de structuration de celui-ci. Elle permet ensuite d'analyser la distribution des individus et de les caractériser en fonction d'autres propriétés n'ayant pas contribué à former l'espace. Ce nuage des individus étant directement corrélé à la spatialisation des variables actives, il est possible de mettre en lien les profils des professeurs avec la position qu'ils occupent et la distance qui les sépare. En d'autres termes, l'ACM permet de comprendre les logiques sociales de distinction qui jouent derrière les pratiques de la production scientifique, c'est-à-dire les « règles du jeu » selon lesquelles les professeurs de biologie et de chimie peuvent se distinguer entre des « dominants » et des « dominés » de l'espace. Tout l'intérêt d'une telle stratégie méthodologique est de comprendre non seulement qui sont les professeurs de biologie et de chimie qui sont fortement dotés, ou au contraire, faiblement dotés en capitaux et quelles sont leurs caractéristiques sociodémographiques, mais aussi de montrer quelles sont les ressources qui sont considérées comme légitimes, c'est-à-dire celles qui jouent un rôle déterminant, et celles qui ne jouent pas de rôle pour l'accès aux positions de professeur et, par conséquent, ne sont pas un enjeu de lutte pour leur détention.

Cette partie consacrée à l'espace des professeurs est articulée de la manière suivante : d'abord, nous décrivons l'échantillon des professeurs et les variables utilisées pour l'analyse. Ensuite, nous présenterons l'espace des professeurs et ses structures d'opposition qui définissent socialement la distinction des positions en biologie et en chimie en Suisse. Ensuite, nous nous intéresserons à la distribution dans l'espace des cohortes, des nationalités, des âges de stabilisation en Suisse, des sexes et des disciplines. Nous continuerons avec la construction d'une typologie des profils des professeurs basée sur quatre configurations spécifiques de capitaux. Dans une dernière partie, nous chercherons à comprendre les structures spécifiques aux disciplines. Une *class specific analysis* (CSA) menée sur les deux disciplines permettra de montrer le degré d'association entre les structures d'opposition de ces dernières et celles de l'espace global des professeurs. En se basant sur les positions occupées par les professeurs de biologie et de chimie dans le *nuage des individus* créé par l'ACM, la CSA permet de comprendre quelles sont les structures d'oppositions qui concernent des sous-ensembles d'individus, ici les professeurs définis par leur discipline. Elle montre quels sont les capitaux qui participent à distinguer ces professeurs et quelles sont les modalités qui contribuent le plus à ces oppositions.

Nous pourrions ainsi montrer un double aspect des transformations des espaces des professeurs. D'une part, un mouvement général d'autonomisation de l'espace par une importance croissante du capital scientifique par rapport aux capitaux institutionnels et extra-académiques. Cette dynamique est aussi renforcée par une affirmation des ressources internationales. D'autre part, nous montrerons que la biologie et la chimie sont structurées par des logiques différentes, indiquant que les deux ne sont pas touchées de la même manière par ces changements, de même que leur structure hiérarchique à l'interne, c'est-à-dire la distinction entre les positions dominantes et dominées, ne se fonde pas nécessairement sur les mêmes oppositions.

2.1 Données et indicateurs de l'ACM

Cette partie présente les données et les indicateurs utilisés pour l'ACM. Nous décrivons d'abord l'échantillon des professeurs, c'est-à-dire les effectifs selon les années, leurs caractéristiques sociodémographiques et leurs disciplines. Ensuite, nous présenterons la manière dont les différents capitaux ont été opérationnalisés. Ceux-ci sont les variables et les modalités *actives* de l'ACM et contribuent donc à la structuration de l'espace et forment les axes d'opposition. Les variables *supplémentaires* seront décrites ensuite.

2.1.1 Echantillon des professeurs

L'échantillon est composé des professeurs de biologie et de chimie qui occupent un poste de professeur ordinaire ou extraordinaire en 1957, 1980 ou 2000¹²⁷ (N=734), comme indiqué dans le tableau 4.1.

Tableau 4.1 Effectifs des professeurs aux dates de 1957, 1980 et 2000

Années	1957	1980	2000	Total
Effectifs	97 (97)	295 (281)	342 (264)	734 (642)

Note : Les effectifs représentent le nombre total de professeurs pour chaque date. Si un professeur exerce un mandat sur une durée recoupant deux dates, il sera compté pour les deux années correspondantes. Les effectifs entre parenthèses indiquent les effectifs des professeurs à la première date à laquelle ils apparaissent et peuvent être considérés comme des cohortes de première présence.

En considérant l'ensemble des professeurs à chaque date, l'échantillon compte N=734 professeurs. Pour certaines analyses, il a été jugé préférable de ne les compter qu'une seule fois, c'est-à-dire en considérant N=642 professeurs. Cette stratégie permet d'une part de mieux distinguer certaines différences entre les cohortes par la possibilité de n'inclure que les « nouveaux » professeurs et, d'autre part, de ne pas surestimer la valeur de modalités qui seraient comptées à double. Dans cet échantillon, le nombre de professeurs augmente fortement de 1957 (N=97 professeurs) à 1980 (N=295 professeurs), puis de façon plus modérée entre 1980 et 2000 (N=342 professeurs). Pour cette dernière date, on compte N=78 professeurs qui sont déjà présents en 1980, et donc 264 « nouveaux » professeurs. Nous présentons maintenant quelques caractéristiques générales de ces professeurs et leur évolution dans le temps : le sexe, la nationalité, l'âge de la stabilisation en Suisse et la discipline.

¹²⁷ Nous avons choisi de limiter l'échantillon à ces trois dates car les effectifs pour 1910 (N=66) et 1937 (N=82) sont trop faibles pour mener une ACM. De plus, comme la distribution des disciplines entre les professeurs reste stable dans la première moitié du xx^e siècle (voir chapitre 3), nous pouvons considérer l'année 1957 comme représentative de cette période.

Un bastion masculin...

Les professeurs de biologie et de chimie forment une population en quasi-totalité masculine. C'est la caractéristique ascriptive la plus commune à cette population. Le nombre de femmes professeures est en effet remarquablement faible, d'une seule femme sur 97 individus en 1957, 6 sur 295 en 1980 et 19 sur 342 en 2000¹²⁸. En termes proportionnels, ces chiffres correspondent à un pourcentage de 1% de femmes en 1957, 2% en 1980 et 5.5% en 2000. A l'image de ce que Mills (2012 [1956]) relevait déjà pour l'élite au pouvoir dans les années 1950 aux Etats-Unis et qui se retrouve pour le cas suisse dans le profil des élites économiques¹²⁹ (Mach et al. 2011 et 2016, Ginalski 2016, Bühlmann et al. 2015) ou politiques (Mach & Pilotti 2008, Pilotti et al. 2010, Pilotti 2017), l'élite académique de la biologie et de la chimie est composée d'hommes dans sa quasi-totalité¹³⁰.

La seule femme de l'échantillon possédant le titre de professeure en 1957 est Kitty Ponse, professeur extraordinaire (1947-1961) puis ordinaire de zoologie (1961-1964) à l'Université de Genève. Originnaire des Pays-Bas, elle a effectué l'entier de sa carrière en Suisse dans la même université. Elle a notamment reçu le Prix Otto Nägeli de biomédecine en 1961 et le Prix de la Société suisse de zoologie pour sa thèse de doctorat en 1925. Cette caractéristique n'est pas commune aux femmes professeures puisque seules trois autres ont obtenu un prix¹³¹. D'un point de vue des disciplines, on compte 17 professeures de biologie, six de sciences naturelles médicales et seulement trois de chimie. Elles occupent en majorité la fonction de professeure extraordinaire (N=17) plutôt que de professeure ordinaire (N=9), deux ont été rectrices mais seulement trois ont été doyennes, ce qui correspond à un pourcentage de 12% contre 23% pour les hommes. Cette mise à distance de l'occupation de fonctions institutionnelles se retrouve aussi dans les organisations de promotion et de financement de la recherche, bien que de manière moins appuyée, puisqu'une seule femme a siégé au Comité central de l'ASSN (Martine Rahier, qui a également été doyenne et rectrice) et deux autres ont été membres du Conseil de la recherche scientifique du FNS, correspondant à 12% des femmes professeures et 15.8% des hommes. Enfin, les femmes professeures ne sont jamais caractérisées par des parcours extra-académiques¹³². Elles sont par contre fortement internationalisées : on compte 13 professeures de nationalité étrangère et 11 qui ont effectué leur doctorat à l'étranger, 12 professeures ont effectué un séjour postdoctoral aux Etats-Unis et huit dans des institutions particulièrement prestigieuses. Ainsi, les femmes professeures ont tendance à effectuer des carrières scientifiques internationales fortement valorisées dans la période récente, mais elles ne peuvent que difficilement convertir leur capital scientifique et international en accès aux positions les plus hautes de la hiérarchie académique ou en positions de pouvoir temporel. Ces quelques éléments semblent corroborer le constat que l'académie, en tant qu'organisation, suit l'histoire des « mondes professionnels qui ont longtemps exclu les femmes et qui continuent à les maintenir à la marge, de façon subtile » (Marry 2008 : 37). Nous reviendrons sur la comparaison entre les femmes et les hommes professeur.e.s dans le chapitre 4.

¹²⁸ Le nombre de femmes professeures s'élève donc à N=26. Comme l'une d'elles, Ariane Etienne-Kfourri, possède un mandat de professeure en 1980 et en 2000, leur effectif dans l'absolu est de N=25 pour N=617 hommes professeurs.

¹²⁹ La proportion de femmes à la tête des 110 plus grandes entreprises suisses (direction exécutive et membres des conseils d'administration) est de 0.5% en 1910, 0.8% en 1937, 0.6% en 1957, 1.9% en 1980, 7.1% en 2000 et 8.9% en 2010 (Ginalski 2016 : 6). Les raisons de cette non-inclusion des femmes sont notamment dues aux mécanismes de cooptation très présents dans le recrutement des dirigeants économiques qui repose sur une logique d'entre-soi, l'importance du grade militaire et l'introduction tardive du droit de vote et d'éligibilité des femmes au niveau fédéral en 1971 (Mach et al. 2016).

¹³⁰ En 2013, sur l'ensemble des individus engagés sur le marché académique suisse, seules 4.7% des femmes ont accès aux fonctions de professeurs stabilisés, alors que c'est le cas de 12% des hommes (Le Feuvre et al. 2018 : 58).

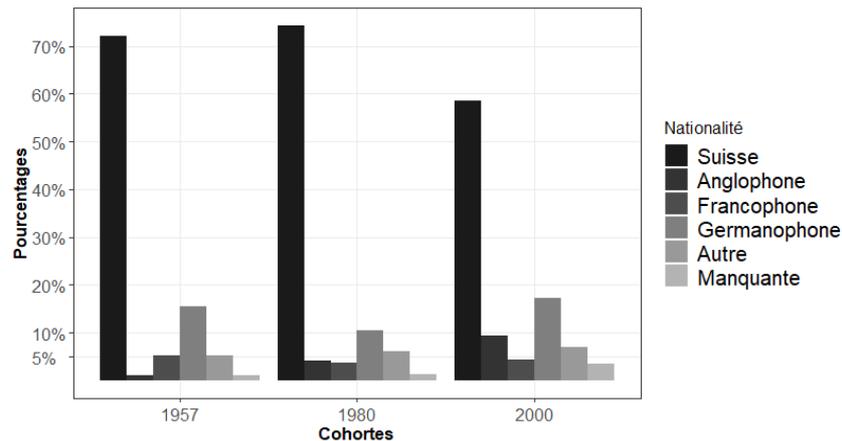
¹³¹ Il s'agit de Heidi Diggelmann, professeure de sciences naturelles médicales à l'Université de Lausanne (1983-2001), de Sabine Werner, nommée professeure ordinaire de biologie cellulaire à l'EPFZ en 1999, et de Margareta Neuburger-Zehnder, professeure de chimie inorganique à l'Université de Bâle (1995-2011).

¹³² Si aucune femme n'a occupé de poste professionnel en dehors de l'académie, cinq ont par contre siégé dans des commissions extra-parlementaires, ce qui est proportionnellement deux fois plus élevé (20%) que pour les hommes (9.25%).

...de plus en plus internationalisé...

Une seconde caractéristique générale de l'échantillon des professeurs est leur internationalisation croissante en termes de nationalités sur la fin du xx^e siècle. La part de professeurs étrangers augmente de manière significative entre 1980 et 2000, mais reste stable entre 1957 et 1980. La figure 4.1 résume le pourcentage relatif par date des nationalités des professeurs. Ces dernières sont regroupées par régions linguistiques. Les pays anglophones représentent au total 6.1% des nationalités, les pays francophones 4.2%, les pays germanophones 14.3%, la Suisse 66.6% et les autres pays 6.4%¹³³.

Figure 4.1 Nationalités des professeurs (en %) sur le total de la cohorte (N=734)



Note : En nombres absolus, on compte pour 1957 : 70 professeurs suisses, 1 anglo-saxon, 5 francophones, 15 germanophones, 5 autres et 1 nationalité manquante. Pour 1980 : 219 professeurs suisses, 12 anglo-saxons, 11 francophones, 31 germanophones, 18 autres et 4 nationalités manquantes. Pour 2000 : 200 professeurs suisses, 32 anglo-saxons, 15 francophones, 59 germanophones, 24 autres et 12 nationalités manquantes.

On constate un recul du nombre de professeurs de nationalité suisse en 2000 comparé aux années 1957 et 1980. En 1957, 72.2% des professeurs occupant une fonction de professeur ordinaire ou associé en Suisse sont des Suisses. En 1980, cette part passe à 74.2%, puis à 58.5% en 2000. Parmi les professeurs de nationalité étrangère, les germanophones demeurent les plus nombreux pour les trois dates, entre 10 et 17%. La part des professeurs anglo-saxons est bien plus élevée en 2000 (9.4%) qu'en 1957 (1%) et 1980 (4.1%). Le nombre de professeurs de nationalité américaine passe de 3 en 1980 à 16 en 2000, devenant un peu plus nombreux que les professeurs de nationalité anglaise qui passent de 8 en 1980 à 13 en 2000. Si le pourcentage de professeurs provenant de pays anglophones augmente à la fin du siècle, ces derniers restent toujours moins nombreux que les professeurs germanophones.

Cette croissance n'est d'ailleurs pas exceptionnelle et s'inscrit dans une tendance générale à l'internationalisation des nationalités des élites en Suisse. La part des professeurs de sciences économiques qui sont étrangers passe d'environ 30% en 1957 à 35% en 1980, puis 50% en 2000 (Rossier & Bühlmann 2018). De manière générale, le champ académique suisse connaît un premier mouvement d'internationalisation au début du xx^e siècle, puis une nationalisation suite à la Première Guerre mondiale et, enfin, une réinternationalisation à partir des années 1980 (Rossier et al. 2015). Les nationalités des professeurs de biologie et de chimie suivent cette « courbe en U », bien que le

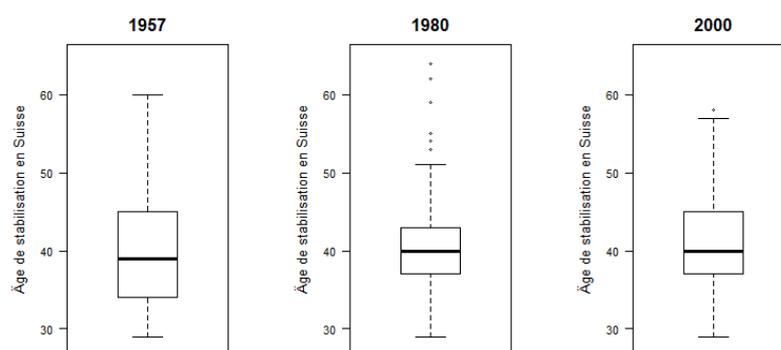
¹³³ Les pays anglo-saxons (N=45) comprennent l'Australie (2), le Canada (2), le Royaume-Uni (22) et les USA (19). Les pays francophones (N=31) sont la Belgique (5) et la France (26). Les pays germanophones (N=105) sont l'Allemagne (95) et l'Autriche (10). Les pays autres (N=47) sont : la Bosnie (1), la Chine (1), la Croatie (2), le Danemark (1), la Finlande (1), la Grèce (2), les Pays-Bas (9), la Hongrie (1), Israël (1), l'Italie (15), le Liechtenstein (1), le Luxembourg (3), la Pologne (1), la Russie (3), la Suède (2), la République tchèque (2) et la Yougoslavie (1).

degré d'internationalisation demeure différencié selon l'ancrage local des disciplines¹³⁴ (Gingras 2002). La nationalité donne une dimension restreinte des dynamiques d'internationalisation du champ scientifique et nous reviendrons plus en détail sur cette question dans la suite du chapitre. La part très importante de professeurs étrangers semble déjà fournir un premier indicateur qui corrobore l'aspect fortement cosmopolite du champ académique suisse (Goastellec & Pekari 2013).

...et composé de professeurs stabilisés autour de 40 ans en moyenne

L'âge moyen auquel les professeurs sont stabilisés en Suisse à la fonction de professeur ordinaire ou extraordinaire reste relativement stable selon la date, autour de 40 ans pour 1957 et 1980 et 41 ans pour 2000. Si l'on considère uniquement les nouveaux professeurs à cette dernière date, l'âge moyen de la nomination passe à 42 ans et apparaît comme sensiblement plus élevé que pour 1957 et 1980. La distribution des âges montre tout de même une différence importante dans le nombre de professeurs qui sont stabilisés tôt dans leur carrière. En 1957, 34% des professeurs sont stabilisés avant 35 ans alors qu'ils ne sont plus que 19.3% en 2000 à être nommés dans cette même tranche. Par contre, la proportion de professeurs stabilisés après 45 ans diminue de 1957 à 1980 de 21.7% à 12.2%, puis remonte à 17.3% en 2000. La figure 4.2 résume la distribution de l'âge de la première stabilisation pour chaque cohorte.

Figure 4.2 Distribution des âges lors de la première stabilisation en Suisse (N=734)



Note : L'âge médian est de 39 ans pour 1957 et de 40 ans pour 1980 et 2000. L'âge moyen est de 40.4 ans pour 1957 et 1980 et de 41.1 pour 2000.

On peut ainsi relever une forme de standardisation de l'âge autour de l'âge moyen en 1980, puis une redistribution des âges de nomination en 2000 accompagnant une élévation de la moyenne, même si celle-ci n'est pas particulièrement marquante. A première vue, il ne semble pas que l'on assiste à un allongement significatif de la période de pré-stabilisation dans la fin du siècle, ce qui contredit quelque peu la littérature sur le sujet (Fumasoli & Goastellec 2015a, Goastellec & Benninghoff 2011). Comme nous le montrerons plus en détail, les âges de stabilisation en Suisse se distribuent dans l'espace des professeurs en fonction de la configuration des capitaux.

¹³⁴ Lorsque l'on compare les deux disciplines, c'est la chimie qui apparaît comme la plus cosmopolite selon l'indicateur de la nationalité. La proportion de professeurs de nationalité suisse en chimie est de 67.3% en 1957, 67.3% en 1980 et 55.4% en 2000, alors qu'elle est de 77.8% en 1957, de 79% en 1980 et de 60.2% en 2000 pour la biologie. Ces proportions varient selon les spécialisations. La chimie organique (55.9% en moyenne) et la biochimie (64.2%) sont les sous-disciplines les plus internationalisées et la biologie I (74.5%) et les sciences naturelles médicales en chimie (85.7%) sont les plus locales.

En dernier lieu, nous nous intéressons aux disciplines des professeurs. Le tableau 4.2 montre la répartition des sous-disciplines regroupées en sept catégories telles que présentées dans le chapitre précédent dans la partie consacrée aux chaires professorales.

Tableau 4.2 Nombre de professeurs par sous-disciplines (N=734)

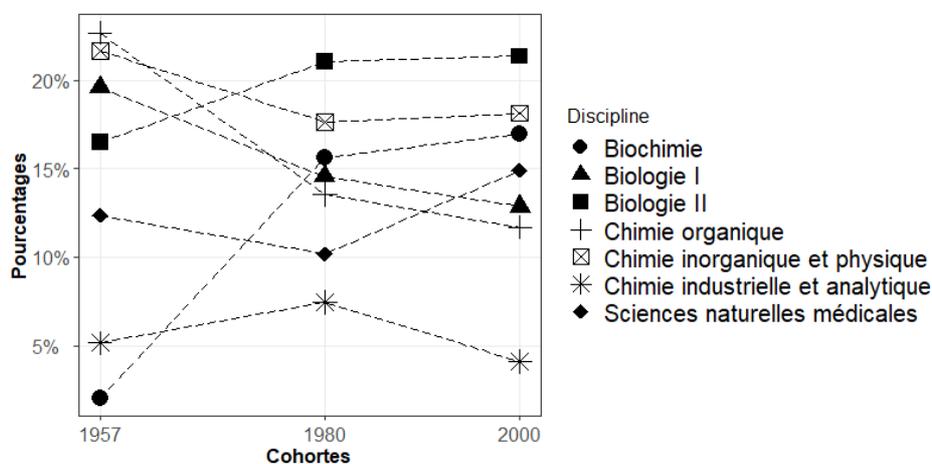
Sous-disciplines	1957	1980	2000
Biochimie	2	46	58
Biologie I	19	43	44
Biologie II	16	62	73
Chimie industrielle et analytique	5	22	14
Chimie inorganique et physique	21	52	62
Chimie organique	22	40	40
Sciences naturelles médicales	12	30	51
Total	97	295	342

Note : La biologie est divisée entre la biologie I, la biologie II et la biochimie qui regroupe l'ensemble des chaires de la discipline dans les facultés des sciences et de médecine. La chimie est divisée entre la chimie organique, la chimie inorganique et physique et la chimie industrielle et analytique. La catégorie *Sciences naturelles médicales* regroupe les sciences naturelles médicales des deux disciplines à l'exception de la biochimie.

Le graphique 4.3 ci-après montre d'importantes variations dans la proportion des sous-disciplines des professeurs en fonction des années. De façon un peu contre-intuitive puisque l'on a parlé jusque-là d'affirmation de la biologie *fonctionnelle*, la biologie II est déjà relativement bien représentée en 1957 pour devenir la plus importante des disciplines dès 1980. Cela est dû premièrement au fait que la biologie II est composée de professeurs de microbiologie en 1957, les professeurs de biologie moléculaire n'étant présents qu'à partir de 1980. Deuxièmement, les totaux sont calculés sur l'ensemble des professeurs de biologie et de chimie et les premiers sont globalement plus nombreux que les seconds.

La discipline qui s'affirme clairement en termes d'effectifs est la biochimie, qui passe de 2.1% des professeurs en 1957 à 15.6% en 1980 et 17% en 2000. C'est aussi le cas des sciences naturelles médicales qui augmentent de 10.2% en 1980 à 14.9% en 2000. D'autres sous-disciplines perdent proportionnellement de l'importance. C'est le cas de la chimie organique, de la biologie I et, dans une moindre mesure, de la chimie inorganique qui, si elles sont les trois disciplines dominantes en 1957, ne représentent respectivement plus que 11.7%, 12.9% et 18.1% des effectifs des professeurs en 2000.

Figure 4.3 Sous-disciplines pour 1957, 1980 et 2000 (en % sur le total par année)



Lecture du graphique : 22.7% des professeurs pour l'année 1957 (N=97) sont des professeurs de chimie organique. Les effectifs correspondent à ceux du tableau 4.2 ci-dessus.

Pour résumer cette première description de l'échantillon basée sur le sexe, la nationalité, l'âge de stabilisation en Suisse et la sous-discipline, on peut relever quatre points principaux. En premier lieu, les professeurs de biologie et de chimie sont presque tous des hommes, et ce pour les trois dates considérées, malgré une faible augmentation du pourcentage de femmes en 2000. En deuxième lieu, les professeurs de nationalité suisse sont fortement majoritaires jusqu'en 1980, alors qu'en 2000, la part de professeurs de nationalité étrangère augmente, en particulier ceux qui proviennent de régions linguistiques germanophones et anglophones, les premiers restant les mieux représentés parmi les nationalités étrangères durant toute la seconde moitié du xx^e siècle. En troisième lieu, on note une relative stabilité de l'âge moyen de la stabilisation en Suisse et une variance plus grande autour de cette moyenne en 2000 après une forme de standardisation en 1980. Finalement, l'importance relative des sous-disciplines évolue avec les années. En 1980 puis en 2000, la biologie II, la biochimie et les sciences naturelles médicales sont beaucoup plus importantes qu'en 1957 où la biologie I, la chimie organique et inorganique figuraient parmi les disciplines qui comptaient le plus de professeurs.

2.1.2 Opérationnalisation des capitaux : les variables actives

Nous décrivons maintenant l'opérationnalisation des quatre types de capitaux structurant l'espace des professeurs : le capital scientifique, le capital institutionnel, le capital extra-académique et le capital international. Les sous-dimensions de ces capitaux forment les variables *actives* de l'ACM. Ce sont toutes des variables catégorielles avec deux modalités ou plus.

Le capital scientifique

Le capital scientifique représente le niveau de reconnaissance symbolique dans l'espace des professeurs. Plus ce capital est grand, plus l'on peut considérer l'individu comme occupant une place dominante dans l'espace et reconnu par ses pairs comme occupant cette position de manière légitime. Le capital scientifique est mesuré par cinq indicateurs qui ont été construits de manière à ne pas discriminer entre les disciplines de la biologie et de la chimie. Ces indicateurs reflètent trois dimensions du capital scientifique : la reconnaissance par l'obtention de prix scientifiques, le capital conféré par la fonction maximale atteinte durant la carrière et le prestige accordé aux institutions de la carrière.

- (a) Pour la variable des *Prix scientifiques*, nous avons retenu des prix touchant les deux domaines comme le Prix Nobel (N=9) et le Prix Marcel de Benoist (N=41) et d'autres prix davantage disciplinaires comme le Prix Cloetta (médecine) (N=19), le Prix Friedrich Miescher (biochimie) (N=17), le Prix Otto Nageli (biomédecine) (N=17), les Prix Ruzicka (N=19), Werner et Paracelsus (chimie) (N=42). La variable est construite sur le critère de l'obtention d'au moins un de ces prix (Oui) ou de n'avoir obtenu aucun de ces prix (Non). A l'exception du Prix Nobel, tous les prix sont des récompenses attribuées au niveau national et la variable ne prend pas en compte les prix décernés par des institutions à l'étranger. Il s'agit donc surtout d'une mesure de la consécration au sein du champ académique suisse.
- (b) Le prestige scientifique est ensuite mesuré par la *Position maximale atteinte* au sein d'une institution académique, c'est-à-dire la plus haute fonction exercée durant la carrière. Il s'agit de celle de *professeur ordinaire*, la plus élevée de la hiérarchie des postes en Suisse (N=407), et de celle de *professeur extraordinaire* regroupant les autres fonctions stabilisées en tant que professeur extraordinaire (N=168), professeur associé (N=49), professeur adjoint¹³⁵ (N=6) et

¹³⁵ Le titre de professeur adjoint est une particularité de l'Université de Genève qui correspond à celui de professeur associé. Les deux fonctions ont été fondues en une seule dénomination, sous le titre de professeur associé.

professeur assistant (N=12) pour les Universités de Fribourg, Genève, Neuchâtel, Zurich et l'EPFZ.

- (c) Nous avons également distingué les institutions dans lesquelles les professeurs ont effectué un séjour à l'étranger dans une période de six ans après l'obtention de leur doctorat selon le prestige de l'institution d'accueil. Le séjour à l'étranger implique une mobilité géographique par rapport au lieu d'obtention du doctorat et les professeurs ayant effectué un séjour postdoctoral dans le même pays ne sont pas inclus. Les institutions suivantes sont regroupées sous la désignation d'institutions d'élites : les Universités de l'Ivy League aux Etats-Unis, d'Oxford, de Cambridge, ainsi que les universités avec le *ranking* le plus élevé dans quatre classements internationaux pour les sciences naturelles et les sciences de la vie¹³⁶. La modalité *Institution d'élite* regroupe les institutions suivantes : Brown University (USA), California Institute of Technology (USA), University of Cambridge (Royaume-Uni), Columbia University (USA), Cornell University (USA), Dartmouth College (USA), Harvard University (USA), Imperial College London (Royaume-Uni), John Hopkins University (USA), Karolinska Institutet (Suède), Massachusetts Institute of Technology (USA), New York University (USA), University of Oxford (Royaume-Uni), Université Paris 6 et Paris 11 (France), University of Pennsylvania (USA), Princeton University (USA), Stanford University (USA), University of California, Berkeley, Los Angeles et San Francisco (USA), University of Texas (USA) et Yale University (USA). La variable *Institution du séjour postdoctoral* compte trois modalités : institution d'élite, autre institution et pas de séjour postdoctoral.
- (d) Enfin, le prestige scientifique est opérationnalisé par l'occupation durant la carrière d'une position dans deux types d'institutions spécialisées dans la recherche. La première variable (*Position dans un centre de recherche national*) regroupe les laboratoires ou institutions académiques de recherche nationales à l'exemple du Centre national de la recherche scientifique (CNRS) en France, l'Institut Max-Planck en Allemagne, les National Institutes of Health, Bethesda, Maryland aux USA ou, en Suisse, le Paul Scherrer Institut (PSI). Ces centres constituent des lieux de la recherche bénéficiant d'un statut privilégié par rapport aux universités classiques et qui confèrent aux professeurs qui y ont occupé une fonction une légitimité scientifique particulièrement élevée.
- (e) La seconde variable (*Position dans un centre de recherche intergouvernemental ou indépendant*) regroupe les centres et plateformes de recherche spécialisées financées en partenariat public-privé, par des fondations ou des institutions privées. Elles sont considérées comme faisant partie du champ académique, au contraire des laboratoires *in-house* des firmes privées qui font l'objet d'une variable différente. Il s'agit par exemple de l'European Molecular Biology Laboratory (EMBL) à Heidelberg (Allemagne), de la Scripps Clinic and Research Foundation à La Jolla en Californie (USA), du Cold Spring Harbor Laboratory, MRC Laboratory of Molecular Biology, Cambridge (USA), de l'Institut Pasteur en France ou, en Suisse, du Friedrich Miescher Institute (FMI) à Bâle.

¹³⁶ Il s'agit des classements suivants : Top 10 Shanghai Ranking universities for life sciences (2003) : <http://www.universityrankings.ch/results/Shanghai/2003>, Shanghai Ranking's Global Ranking of Academic Subjects for natural sciences (2017) <http://www.shanghairanking.com/Shanghairanking-Subject-Rankings/mathematics.html>, The top 50 universities for life sciences and medicine in the world as ranked by higher education data specialist QS: <https://www.theguardian.com/higher-education-network/2018/feb/28/qs-world-university-rankings-2018-life-sciences-and-medicine> et World University Rankings 2018 by subject: life sciences https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/2018/subject-ranking/life-sciences#!/page/0/length/25/subjects/3051/sort_by/rank/sort_order/asc/cols/stats.

Le capital institutionnel

Le capital institutionnel est directement relié aux positions occupées au sein des structures académiques conférant un pouvoir de type temporel (Bourdieu 1984a). Les ressources de pouvoir liées à la détention de capital institutionnel se distinguent du pouvoir conféré par le capital scientifique en ce qu'elles ne sont pas directement des ressources de reconnaissance scientifique mais constituent un capital de type temporel accumulé par l'occupation de positions de pouvoir au sein des institutions académiques (Bourdieu 2001). En d'autres termes, le capital institutionnel est un capital de pouvoir décisionnel au sein des pouvoirs de l'organisation académique. En référence à notre deuxième question de recherche, nous distinguons deux types de capital institutionnel : le capital conféré par l'occupation de fonctions exécutives au sein des structures universitaires (recteurs et doyens) et le capital relié aux fonctions de membres des comités des institutions de promotion et de régulation de la science : ici le Comité central de l'ASSN et le Conseil national de la recherche du FNS.

- (f) Le premier indicateur de pouvoir temporel est lié à l'exercice durant la carrière d'une fonction exécutive dans une université, c'est-à-dire l'occupation d'une position de recteur ou de doyen. Les deux ont été réunis car le nombre de recteurs n'est pas suffisant pour former une modalité à part entière.
- (g) Le second indicateur de détention d'un tel capital est celui de l'occupation d'une position au sein du Comité central de l'ASSN ou du Conseil du FNS. Pour des raisons d'effectifs, ces deux types de positions ont également été regroupés en une seule variable.

Le capital extra-académique

Le capital extra-académique regroupe deux types de ressources pouvant être accumulées dans la sphère privée et reconverties dans le champ académique en capital spécifique : l'expérience acquise au travers de la carrière dans des firmes ou des laboratoires privés et le fait d'avoir été membre de commissions extra-parlementaires. Dans le premier cas, on peut parler d'accumulation d'une forme d'expérience scientifique pratique différenciée de l'expérience académique. Dans le cas de la biologie et de la chimie, surtout dans la fin du xx^e siècle, l'étendue du champ scientifique ne se borne pas aux frontières du champ académique et l'on peut considérer que l'expérience acquise par un travail dans un laboratoire privé constitue autant de ressources scientifiques que pratiques. Si elles peuvent être converties dans le champ académique pour l'obtention d'un poste de professeur, elles sont tout de même différentes du capital scientifique propre à ce champ et indiquent un certain degré de diversification du capital. Dans le second cas, il s'agit plutôt d'une forme d'expertise et de reconnaissance de la compétence à établir des liens et promouvoir la science dans l'arène politique.

- (h) Le capital extra-académique issu des expériences professionnelles est opérationnalisé par la variable *Position extra-académique* contenant trois modalités : *Laboratoire in-house*, *Autres positions extra-académiques* et *Pas de position extra-académique*. La première modalité regroupe les différents emplois occupés dans le secteur privé en tant que praticien, chercheur ou directeur d'un laboratoire d'entreprise privée. Il s'agit par exemple de postes occupés dans les divisions de recherche des entreprises suisses telles que Ciba-Geigy, Sandoz, Hofmann-La Roche, Lonza ou Nestlé mais aussi à l'étranger comme Genentech à San Francisco (USA), les Shell Laboratories (USA, Royaume-Uni et Pays-Bas), Carlsberg à Copenhague (Pays-Bas), les Laboratoires Bell à Murray Hill (USA) ou l'IBM Research Laboratories à San Jose, Californie (USA). La seconde modalité regroupe principalement des postes occupés dans des laboratoires fédéraux ou cantonaux tels que la Station fédérale de recherches agronomiques d'Oerlikon (Agroscope), l'Office fédéral de la santé publique, la Station fédérale de recherches

agronomiques (SFRA) de Changins, le Laboratoire cantonal de Zurich ou, à l'étranger, la Food and Agriculture Organization of the United Nations (USA). Dans une proportion plus réduite, on trouve également des postes occupés dans d'autres institutions non académiques à l'image des conservateurs de musées ou de professeurs dans des écoles et des gymnases.

- (i) En deuxième lieu, le capital académique est mesuré par la participation à une ou plusieurs commissions extra-parlementaires au sein de la variable *Commission extra-parlementaire*. Ces commissions sont des organes de milice qui ont pour fonction de compléter l'Administration fédérale dans les domaines où cette dernière ne dispose pas des savoirs nécessaires et sont mises sur pied en fonction de tâches spécifiques. De plus, elle servent d'instrument grâce auquel les organisations politiques, économiques ou sociales peuvent faire valoir leurs intérêts et exercer une influence plus ou moins directe sur les activités de l'administration¹³⁷. A titre d'exemple, l'on peut citer la Commission fédérale de l'alimentation, de la législation et du contrôle des denrées alimentaires, la Commission du parc national suisse, la Commission pour la recherche agronomique, la Commission fédérale de l'hygiène de l'air, la Commission fédérale de surveillance de la radioactivité ou encore la Commission d'experts pour l'utilisation de l'énergie solaire.

Le capital international

Enfin, le capital international est mesuré par le pays d'obtention du doctorat et la durée de la période de pré-stabilisation passée à l'étranger. L'importance symbolique rattachée au lieu de la formation mesurée par le pays d'obtention du doctorat témoigne du degré de reconnaissance non pas seulement du diplôme lui-même mais également du lieu de son obtention. En ce sens, le capital international ne reflète pas directement des ressources scientifiques mais mesure l'importance relative donnée au lieu de la formation. Ensuite, la durée du séjour à l'étranger utilisée comme un indicateur du volume de ressources acquises durant la période de pré-stabilisation, c'est-à-dire la période allant de l'obtention du doctorat à la première stabilisation en tant que professeur (en Suisse ou à l'étranger). Cette durée est un indicateur de l'accumulation de capital international (Bühlmann et al. 2013), c'est-à-dire d'expériences acquises à l'étranger, tant professionnelles que linguistiques notamment en anglais et la constitution de réseaux à l'international.

- (j) Le lieu du doctorat (*Pays du doctorat*) compte trois modalités : les doctorats obtenus en Suisse, dans un pays limitrophe (France, Allemagne, Autriche, Italie) et les doctorats obtenus ailleurs à l'étranger. Le Royaume-Uni par exemple est dans la modalité « Autre »¹³⁸.
- (k) La durée du séjour à l'étranger (*Durée de la carrière à l'étranger avant stabilisation*) mesure le nombre d'années entre l'obtention du doctorat et la nomination au premier poste de professeur stabilisé. Cette période comprend la durée des études postdoctorales mais également toutes les fonctions occupées pour des mandats à durée déterminée, comme les fonctions de chargé de cours, de chargé de recherche, de collaborateur scientifique ou de professeur assistant avec ou sans *tenure-track*. Cette variable comporte quatre modalités allant de la plus courte à la plus longue durée : aucune année de pré-stabilisation à l'étranger, une durée de pré-stabilisation de 1 à 4 ans, de 5 à 9 ans et de 10 ans et plus.

¹³⁷ Source : <https://www.admin.ch/gov/fr/accueil/droit-federal/commissions-extraparlementaires.html>.

¹³⁸ Nous avons adopté cette solution car le nombre de lieux francophones (environ 4%) est insuffisant pour créer des catégories par région linguistique comme nous l'avons fait pour les nationalités des professeurs.

Le tableau 4.3 ci-après résume les variables et les modalités actives de l'ACM. Les effectifs par modalité se trouvent dans l'annexe 5.1.

Tableau 4.3 Récapitulatif des variables actives de l'ACM

Type	Dimension	Variable	Description	Modalités
Variables actives	Capital scientifique	Prix scientifique	Prix Nobel, Prix Marcel de Benoist (biologie et chimie), Prix Cloetta (médecine), Prix Friedrich Miescher (biochimie), Prix Otto Nageli (biomédecine), Prix Ruzicka (chimie), Prix Werner et Prix Paracelsus (chimie)	Oui / Non
		Position maximale atteinte	Position maximale atteinte	Professeur ordinaire / extraordinaire
		Institution du séjour postdoctoral	Indicateur de mobilité : lieu du séjour postdoctoral	Institution d'élite / Autre institution / Non
		Position dans un centre de recherche national	Position dans un laboratoire ou une institution académique, comme le CNRS ou Max-Planck	Oui / Non
		Position dans un centre de recherche intergouvernemental ou indépendant	Position dans un centre de recherche intergouvernemental ou indépendant, comme l'EMBL ou le FMI	Oui / Non
	Capital institutionnel	Membre ASSN ou FNS	Membre du Comité central de l'ASSN ou du Conseil national du FNS	Oui / Non
		Recteur ou doyen	Position de doyen des facultés des sciences et de médecine ou recteur	Oui / Non
	Capital extra-académique	Position extra-académique	Position extra-académique durant la carrière	Laboratoire In-house / Autres positions extra-académiques / Pas de position extra-académique
		Commission extra-parlementaire	Membre de commissions extra-parlementaires	Oui / Non
	Capital international	Pays du doctorat	Pays du doctorat selon la proximité avec la Suisse	Suisse / Limitrophe / Autre
Durée de la carrière à l'étranger avant stabilisation		Durée de la période de pré-stabilisation passée à l'étranger	Non / 1 à 4 ans / 5 à 9 ans / 10 ans et plus	

2.1.3 Les variables supplémentaires

Afin d'aborder en détail les profils des professeurs et les disciplines, les variables suivantes ont été incluses en tant que variables *supplémentaires*. Ces variables et leurs modalités ne contribuent pas à la formation des axes de l'ACM et ne sont donc pas interprétées en termes de ressources ou de capitaux.

(a) Les variables relatives aux cohortes sont au nombre de quatre.

- La première est la variable *Année* et contient trois modalités : 1957, 1980 et 2000. Chacune correspond à une cohorte de première présence comme spécifié dans la partie consacrée à l'échantillon des professeurs, c'est-à-dire qu'elles excluent les professeurs qui occupent déjà un poste à la date précédente. Les trois suivantes sont des variables de cohortes complètes.

- La variable *Cohorte 1957* est une variable dichotomique renseignant sur l'appartenance à la cohorte de 1957, c'est-à-dire l'entier des professeurs à cette date (N=97).

- La variable *Cohorte 1980* est une variable dichotomique renseignant sur l'appartenance à la cohorte de 1980, c'est-à-dire l'entier des professeurs à cette date (N=295).

- La variable *Cohorte 2000* est une variable dichotomique renseignant sur l'appartenance à la cohorte de 2000, c'est-à-dire l'entier des professeurs à cette date (N=342).

(b) La *Nationalité* contient six modalités basées sur la région linguistique : suisse, germanophone, anglophone, francophone, autre et manquantes.

(c) L'*Age de stabilisation en Suisse* est calculé sur l'année de la nomination en Suisse au premier poste stabilisé de professeur ordinaire ou extraordinaire.

(d) Les variables relatives aux disciplines sont au nombre de trois et indiquent la discipline principale, la sous-discipline et l'échelle. Tous les professeurs sont reliés soit à la biologie, soit à la chimie. Comme développé dans le chapitre 3 consacré aux disciplines, on peut comprendre l'affiliation disciplinaire des professeurs selon la discipline et la sous-discipline, mais aussi selon l'échelle qui donne des informations complémentaires notamment sur le degré de molécularisation de la biologie.

- La *Discipline* principale contient les modalités : biologie, chimie, biochimie (biologie+chimie) et sciences naturelles médicales (sc.nat.med). Ce sont les disciplines telles que présentées dans l'échantillon au chapitre 2.

- Les *Sous-disciplines* correspondent aux regroupements institutionnels des spécialisations présentés dans le chapitre 3 et sont au nombre de sept : biochimie, biologie I, biologie II, chimie organique, chimie inorganique et physique, chimie industrielle et analytique et sciences naturelles médicales.

- Les *Echelles* d'analyse sont au nombre de six. Pour la biologie, il s'agit de l'échelle macro, l'échelle micro et l'échelle moléculaire. Pour la chimie, il s'agit de l'échelle fondamentale, de l'échelle R&D et de l'échelle appliquée.

A la suite de cette présentation des variables *actives* et *supplémentaires* de l'ACM, nous développons maintenant les principaux résultats de l'analyse de l'espace des professeurs.

2.2 La structure dynamique de l'espace des professeurs

Dans cette partie, nous présentons l'espace des professeurs de biologie et de chimie, en nous concentrant sur les dynamiques d'opposition qui structurent l'ensemble de l'espace, ainsi que leurs variations dans le temps. Le nombre total de professeurs est de N=642, c'est-à-dire que nous avons compté chaque professeur une seule fois, même si certains apparaissent à deux dates différentes. Pour comprendre les modifications de la structure de l'espace dans le temps, nous pouvons revenir à l'entier des cohortes dans la comparaison, c'est-à-dire N=97 professeurs pour 1957, N=295 professeurs pour 1980 et N=342 professeurs pour 2000. Nous chercherons ensuite à comprendre les logiques spécifiques de chaque domaine, en lien avec les axes d'oppositions qui structurent l'espace global.

2.2.1 Nuage des modalités actives

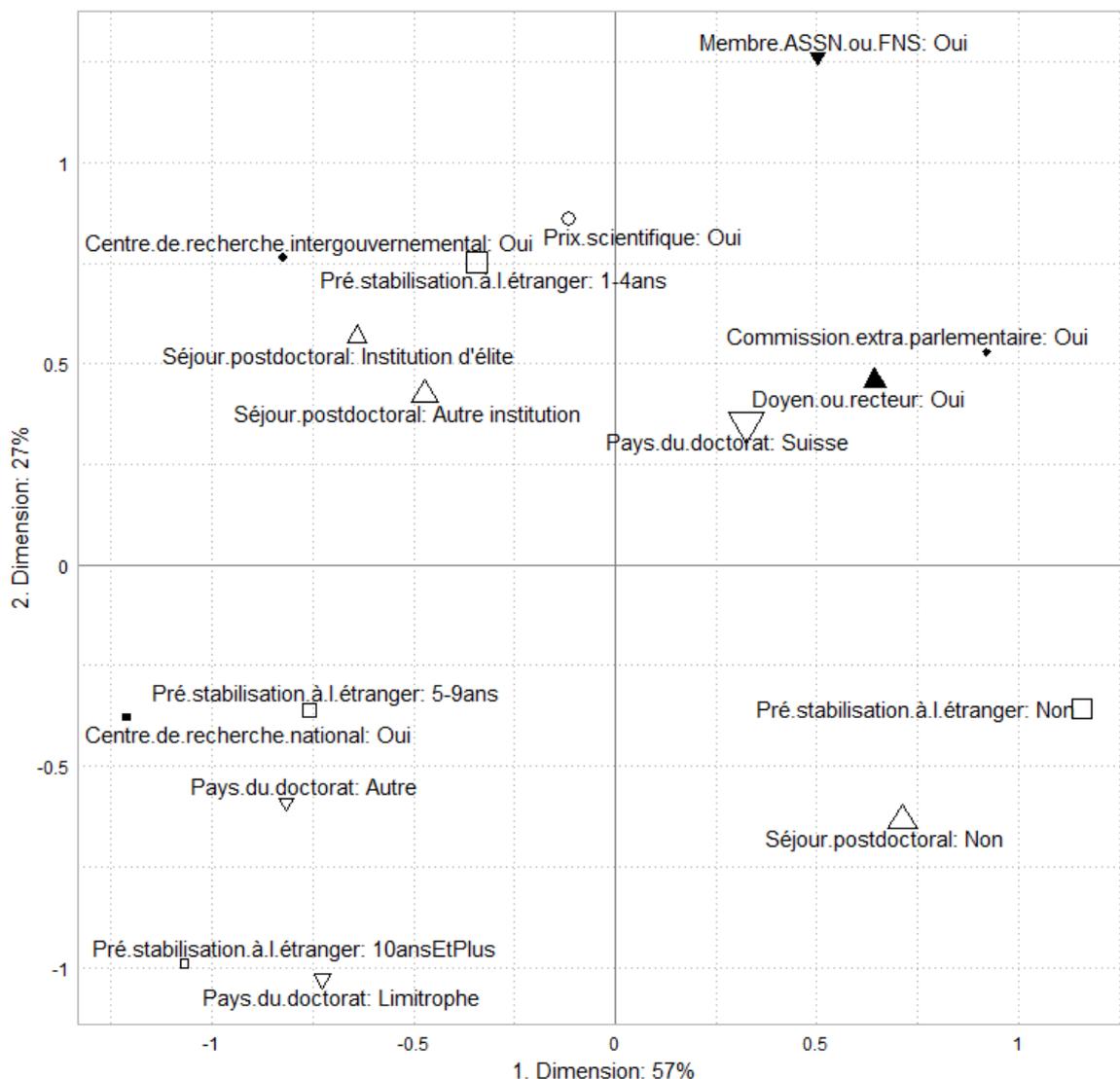
Dans un premier temps, nous allons nous intéresser aux variables et aux modalités qui contribuent à structurer l'espace des professeurs et à en former les axes d'opposition. Afin de comprendre de quelle manière les quatre types de capitaux se distribuent dans l'espace des professeurs, nous avons mené une ACM standard sur 11 variables catégorielles pour 27 modalités (16 dimensions). En dégagant des oppositions entre les différentes configurations de capitaux détenus par les professeurs, l'ACM permet de rendre compte des logiques sociales de structuration des disciplines. En d'autres termes, de « ce qui se joue » dans l'impensé des relations entre les professeurs de biologie et de chimie. Elle permet aussi, par un retour sur les individus, de mettre en lien la structure de l'espace, les positions et les profils des professeurs. On peut ainsi comprendre non pas seulement *comment* se structure l'espace, mais aussi *qui* sont les individus qui détiennent les ressources de pouvoir. Le tableau 4.4 présente la variance et les taux modifiés pour les cinq premiers axes de l'ACM.

Tableau 4.4 Variance et taux modifiés

Dim	1.	2.	3.	4.	5.
Valeur propre	0.18	0.15	0.13	0.11	0.11
Variance	12.4	10.5	8.9	7.7	7.4
Taux modifiés	56.9	27.2	10.2	3.3	2.0
Taux modifiés cumulés	56.9	84.1	94.3	97.6	99.6

Le premier axe possède un taux modifié (ou taux d'importance) de 56.9% et le second un taux de 27.2%. Le pourcentage cumulé du taux modifié des deux premiers axes représentant plus de 80% du total, nous avons retenu ces deux axes pour l'interprétation des résultats de l'ACM¹³⁹. Cette ACM a été produite à l'aide du package *soc.ca* pour le logiciel *R*. *Soc.ca* est particulièrement adapté pour les ACM dites *spécifiques* donnant la possibilité de considérer certaines modalités comme *passives* en les rendant non contributives à la formation des axes, ainsi que pour les *class specific analysis* que nous utiliserons et présenterons ci-après.

Figure 4.4 Espace des professeurs de biologie et de chimie (1957-2000)



¹³⁹ Pour le comment du pourquoi de ce taux théorique, voir Le Roux & Rouanet (2010).

Encadré 4.1 Contributions des variables et modalités actives aux axes de l'ACM

Les **trois** variables qui contribuent au-dessus de la moyenne à la variance de l'**axe 1** ($100/11=9.09$) pour un total de 67.9% sont les suivantes : Durée de la carrière à l'étranger avant stabilisation (36%), Institution du séjour postdoctoral (19.4%) et Pays du doctorat (12.5%). **Treize** modalités contribuent au-dessus de la moyenne à la variance de l'**axe 1** ($100/27=3.7$) pour un total de 86.6%. A gauche de l'axe : Position dans un centre de recherche national : Oui (7.5%), Durée de la pré-stabilisation à l'étranger : 10 ans et plus (6.3%), Durée de la pré-stabilisation à l'étranger : 5-9 ans (5.1%), Pays du doctorat : Autre (4.5%), Séjour postdoctoral : Institution d'élite (4.4%), Pays du doctorat : Limitrophe (4.3%), Séjour postdoctoral : Autre institution (4%) et Position dans un centre de recherche intergouvernemental ou indépendant : Oui (4%). A droite de l'axe : Durée de la pré-stabilisation à l'étranger : Non (22.3%), Séjour postdoctoral : Non (11%), Doyen ou recteur : Oui (5.4%), Commission extra-parlementaire : Oui (4.1%) et Pays du doctorat : Suisse (3.7%). Les **cinq** variables qui contribuent au-dessus de la moyenne à la variance de l'**axe 2** à hauteur de 86.2% sont : Durée de la carrière à l'étranger avant stabilisation (23.3%), Pays du doctorat (18.3%), Institution du séjour postdoctoral (18.1%), Membre de l'ASSN ou du FNS (14.9%) et Prix scientifique (11.6%). **Dix** modalités contribuent au-dessus de la moyenne à la variance de l'**axe 2** pour un total de 79.1%. Au nord de l'axe : Durée de la pré-stabilisation à l'étranger : 1-4 ans (13%), Membre de l'ASSN ou du FNS : Oui (12.9%), Prix scientifique : Oui (9.2%), Pays du doctorat : Suisse (5.2%), Institution du séjour postdoctoral : Institution d'élite (4%), Position dans un centre de recherche intergouvernemental ou indépendant : Oui (4%) et Institution du séjour postdoctoral : Autre institution (3.8%). Au sud de l'axe : Pays du doctorat : Limitrophe (10.3%), Institution du séjour postdoctoral : Non (10.3%) et Durée de la pré-stabilisation à l'étranger : 10 ans et plus (6.4%).

L'axe 1 est un axe de structure du capital spécifique entre dominante scientifique (à gauche) et dominante temporelle (à droite). Il est également un axe de volume de capital international. S'opposent, à gauche, une fraction plus *autonome* et plus internationalisée de l'espace et, à droite, une fraction plus *hétéronome* davantage poreuse aux logiques extra-académiques et plus ancrée localement dans les institutions académiques dans les lieux d'interface avec le monde politique.

L'axe 2 est un axe de volume global de capital spécifique avec, au nord de l'axe, une fraction détenant le plus de reconnaissance et de légitimité scientifique en termes de prix scientifiques et de carrières dans des institutions d'élites. Au sud de l'axe, une fraction d'internationalité de proximité géographique avec la Suisse, davantage ancrée dans de longues carrières nationales dans des pays étrangers et ne possédant qu'un faible volume de capital spécifique à l'espace.

L'ACM menée sur l'ensemble des 642 professeurs montre que l'espace se structure selon deux dimensions principales, comme mentionné dans l'encadré ci-dessus. Les professeurs occupant la fraction de l'espace à gauche du premier axe sont davantage dotés en capital scientifique acquis lors de séjours à l'étranger avant la stabilisation d'une durée de plus de cinq ans, l'occupation de postes académiques dans des centres de recherche nationaux tels que le CNRS ou Max-Planck, intergouvernementaux ou financés par des fondations et des firmes privées ou par le biais de mobilités postdoctorales dans des institutions d'élite. Ce sont également des professeurs qui ont obtenu leur doctorat à l'étranger, sans grande distinction entre les pays. A l'opposé, les professeurs à droite de l'axe sont plutôt caractérisés par leur localisme mesuré par le fait qu'ils n'ont pas occupé de poste dans une institution étrangère après leur doctorat, qu'ils n'ont pas non plus exercé de fonction académique en dehors de la Suisse avant leur stabilisation et qu'ils ont obtenu leur doctorat en Suisse. Alors qu'ils ne détiennent que relativement peu de capital scientifique en comparaison des professeurs à gauche de l'axe, les professeurs à droite de l'axe sont ceux qui possèdent le plus de pouvoir temporel mesuré par les positions de recteur d'université ou de doyen de faculté. Ce premier axe montre ainsi une association des logiques de pouvoir scientifique avec la détention de capital international, s'opposant à la détention de ressources locales et institutionnelles.

Cependant, tous les professeurs à gauche et à droite de l'axe principal ne bénéficient pas de la même reconnaissance symbolique. Le deuxième axe reflète assez clairement une distinction entre deux

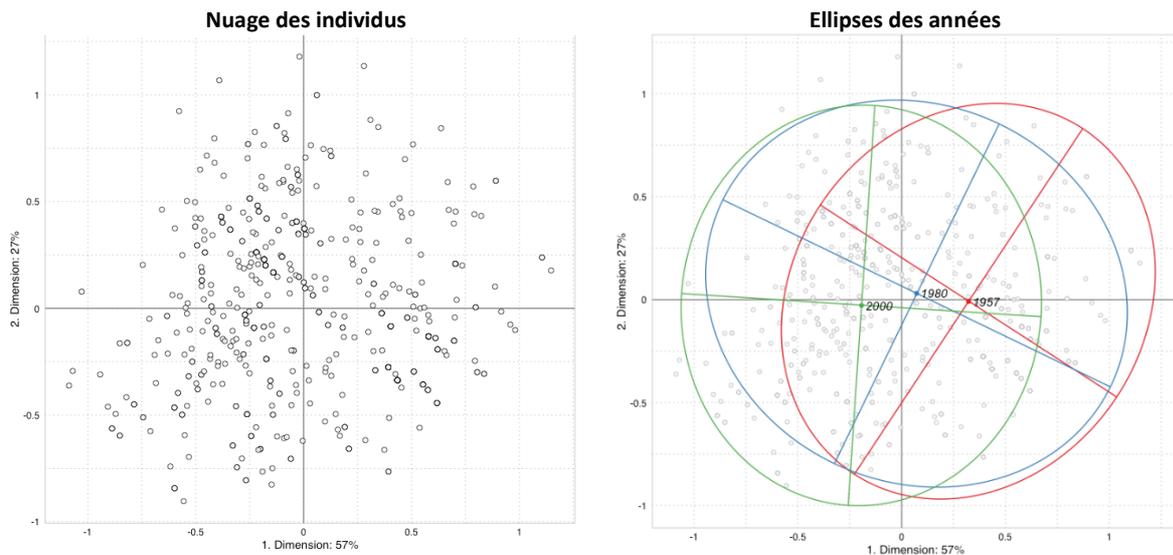
configurations de ressources basée sur le volume global de capital. Au nord, on trouve les professeurs cumulant les marques de prestige scientifique comme l'obtention de prix scientifiques et un passage dans la carrière par des institutions prestigieuses, souvent dans le cadre d'un séjour postdoctoral relativement court, d'une année à quatre ans au maximum, après avoir obtenu un doctorat en Suisse. Ce sont aussi ceux qui occupent des positions au sein du Comité central de l'ASSN ou du Conseil national de la recherche du FNS. Au sud de l'espace, on trouve un autre type de configuration de capitaux tributaire principalement de la forme de la carrière avant la stabilisation. En effet, il s'agit de professeurs ayant occupé des fonctions non stabilisées pendant plus de 10 ans à l'étranger, ayant obtenu leur doctorat dans un pays limitrophe de la Suisse et n'ayant effectué aucune mobilité postdoctorale dans un autre pays. Le premier axe est donc un axe de composition du capital entre capital scientifique et institutionnel. Le second axe est un axe de volume global de capital.

Cet espace des professeurs est donc structuré par deux principes se renforçant. Une première opposition distingue, d'un côté, une détention de capital scientifique donnant accès à une légitimité accrue si elle s'accompagne d'un séjour postdoctoral de courte durée dans une institution d'élite. Cette reconnaissance peut prendre la forme tant de prix scientifique que de nomination aux comités des institutions de financement et de promotion de la recherche. En revanche, une période de pré-stabilisation prolongée à l'étranger semble empêcher ce type de consécration, de même que le fait de n'avoir effectué aucune mobilité. De l'autre côté, la détention de capital institutionnel est liée aux carrières locales ouvrant l'accès aux positions de pouvoir temporel telles que les recteurs et les doyens des universités suisses. La structure générale de l'espace des professeurs semble confirmer la distinction entre deux types de capital institutionnel (**Q2**), les fonctions de membres des organisations de promotion et de financement de la science apparaissant comme davantage reliées au capital scientifique, alors que celles de recteur et de doyen s'opposent plus clairement à la détention de capital scientifique.

2.2.2 Nuage des individus : cohortes, nationalités, âge de stabilisation en Suisse et disciplines

Pour répondre à nos première et deuxième questions de recherche, nous observons la distribution des professeurs dans l'espace, d'abord pour comprendre dans quelle mesure la distribution des différents capitaux entre les professeurs et ses variations dans le temps témoignent plutôt d'un mouvement d'*autonomisation* ou, au contraire, d'*hétéronomisation* des logiques qui structurent l'espace (**Q1**) et, ensuite, pour comprendre comment les deux types de capital institutionnel se lient avec les autres capitaux (**Q2**). Dans cette sous-partie, nous présentons les variables relatives aux cohortes, aux nationalités, à l'âge de la stabilisation en Suisse ainsi qu'aux disciplines et sous-disciplines. Ensuite, nous nous focaliserons spécifiquement sur la trajectoire des positions des sous-disciplines et des échelles dans le temps. Pour terminer, nous proposerons une typologie des profils des professeurs pour illustrer les différentes configurations de capitaux typiques des professeurs de biologie et de chimie.

Figure 4.5 Nuage des individus et ellipses des années



Note : La projection des années est basée sur les cohortes de première présence (N=642).

La projection des cohortes montre un déplacement temporel le long de l'axe 1 vers la gauche, avec les professeurs de la cohorte de 2000 qui se situent le plus à gauche de l'espace et ceux de 1957 le plus à droite. Ce mouvement reflète la prise d'importance du capital international qui vient renforcer le capital scientifique, notamment via l'occupation de postes académiques à l'étranger. La distance entre les coordonnées dépassant 0.5, on peut considérer la différence entre les années comme significative¹⁴⁰. Ce constat d'un renforcement des logiques autonomes par la détention de capital scientifique et international est renforcé si l'on considère les variables et les modalités qui structurent le sous-ensemble des professeurs de 2000. La CSA menée sur ces 342 professeurs montre en premier lieu que l'association des axes avec ceux de l'ACM est assez faible¹⁴¹ : (-0.47 pour l'axe 1 et 0.45 pour l'axe 2), ce qui implique que les logiques de structures sont différentes. Le premier axe de la CSA (taux modifié de 51%) est plus proche du second axe de l'ACM avec un coefficient d'association de -0.81, ce qui signifie que la dimension principale d'opposition pour les professeurs de 2000 reflète davantage les logiques de l'axe 2 de l'ACM, c'est-à-dire que la hiérarchie des positions est d'abord basée sur des modalités que nous avons interprétées comme déterminantes du volume global de capital.

Les modalités qui contribuent au-dessus de la moyenne à la formation de ce premier axe de la CSA sont, d'un côté, toutes des mesures du capital scientifique international et du capital international (Pré-stabilisation à l'étranger 5 à 9 ans et 10 ans et plus, Pays du doctorat limitrophe ou autre et Centre de recherche national : oui) et, de l'autre, des modalités reflétant des logiques de carrière nationale (Lieu du doctorat en Suisse, Position maximale atteinte : professeur extraordinaire et Pré-stabilisation à l'étranger : 1 à 4 ans). Le second axe de la CSA (taux modifié de 20%) est un axe de volume de capital scientifique avec, d'un côté, les modalités de Position dans un centre de recherche intergouvernemental ou indépendant : oui, Institution du séjour postdoctoral : autres institutions,

¹⁴⁰ La différence des coordonnées des années sur l'axe des x est de 0.59 entre 1957 et 1980 et de 0.63 entre 1980 et 2000. Lors de l'interprétation des distances entre les coordonnées des modalités, il est d'usage d'observer la règle suivante : un écart de 0.5 entre les coordonnées de deux modalités supplémentaires sur un axe est considéré comme « notable » et un écart de 1 comme « large » (Le Roux & Rouanet 2010 : 59, Hjellbrekke 2018 : 64).

¹⁴¹ Plus le coefficient d'association est élevé et se rapproche de 1, plus l'association entre les axes est forte. A l'inverse, un coefficient de zéro indique qu'il n'y a aucune association entre les axes de l'ACM et de la CSA. Les coefficients positifs et négatifs reflètent l'orientation des axes et ne sont pas directement pertinents pour une analyse sur les deux premiers axes uniquement.

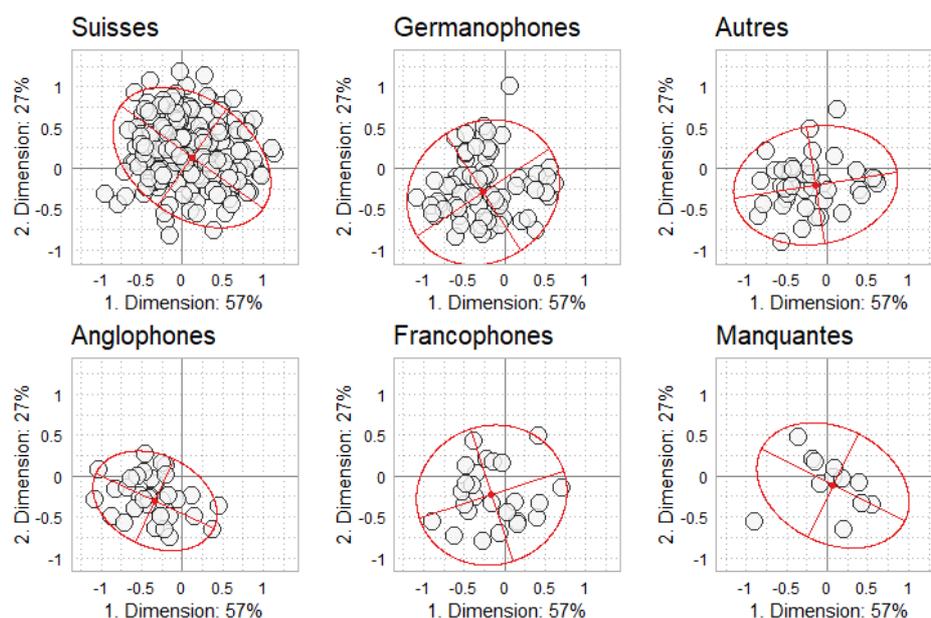
Position dans un centre national de recherche : oui et Prix scientifique : oui et, de l'autre, des modalités caractérisant le localisme mesuré par l'absence de pré-stabilisation à l'étranger, pas de séjour postdoctoral à l'étranger et pas de position dans un centre de recherche intergouvernemental ou indépendant. En d'autres termes, le volume global de capital spécifique pour les professeurs de 2000 est d'abord mesuré par l'internationalisation des carrières, puis distingué par le volume de capital scientifique accumulé au travers des positions occupées dans des institutions prestigieuses à l'étranger. L'année 2000 est ainsi particulièrement marquée par une opposition claire entre capital scientifique et localisme. Elle est aussi marquée par l'absence d'effet des capitaux institutionnels et extra-académiques sur la structure de l'espace. Ces observations rendent compte d'une dynamique de renforcement des logiques *autonomes* de l'espace au travers de l'internationalisation du capital scientifique. Ainsi, si la littérature argumente plutôt pour une *hétérogénéisation* du champ académique, notamment via l'intégration de logiques du *new public management* dans la gestion des universités, il semble que ce mouvement a plutôt pour effet de renforcer les logiques scientifiques face aux logiques institutionnelles et extra-académiques, du moins du point de vue des indicateurs considérés pour cette analyse (Q1).

Pour poursuivre la description du nuage des individus, nous présentons maintenant la distribution des caractéristiques sociodémographiques des professeurs : les nationalités, l'âge de stabilisation en Suisse et les disciplines principales.

Nationalités

Dans la partie précédente, nous avons montré une tendance à l'internationalisation des professeurs du point de vue des nationalités, le nombre de professeurs de nationalité non suisse augmentant de manière importante dans le temps pour atteindre environ la moitié de la cohorte de 2000 (58.5%). Les nationalités se sont également diversifiées avec le temps, avec un accroissement de la catégorie des autres nationalités. Le graphique ci-dessous montre la projection des nationalités par région linguistique dans le nuage des individus.

Figure 4.6 Ellipses de concentration des nationalités par région linguistique



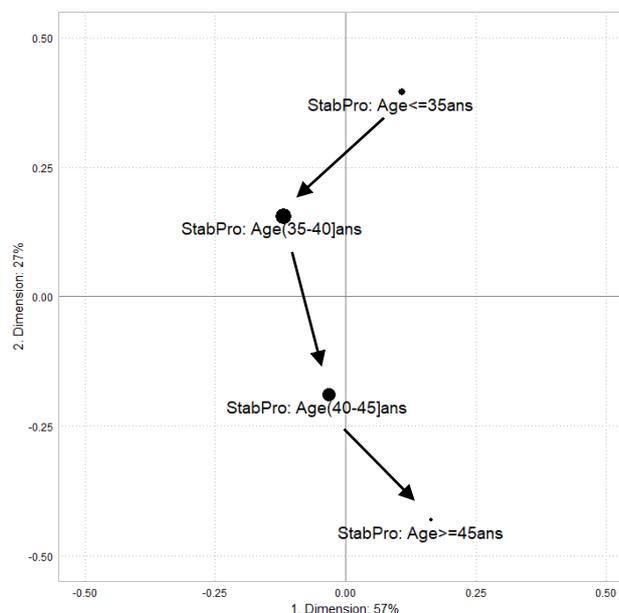
Note : Les effectifs pour les différents groupes sont de N=442 suisses, N=91 professeurs germanophones, N=45 autres, N=43 anglophones, N=26 francophones et N=15 nationalités manquantes (2.3%).

Les nationalités suisses représentent en tout 65.7% des 642 professeurs. La seconde région linguistique en termes d'importance est la région germanophone qui représente 14.2% des nationalités. Par ordre décroissant suivent les nationalités autres (7%), les régions anglo-saxonnes (6.7%) et francophones (4%). On constate que de manière générale l'ensemble des professeurs non suisses se situe dans le cadran sud-ouest de l'espace, et cela indépendamment de la provenance linguistique. Les professeurs de nationalité suisse se retrouvent plutôt au nord, bien qu'ils se répartissent assez largement dans l'espace. Il se distribuent selon un axe reliant les cadrans nord-ouest et sud-est qui regroupent les fractions les moins internationalisées de l'espace en termes de carrière scientifique à l'étranger et de capital international. On note ainsi une certaine distance entre les nationalités suisses et étrangères, mais ces dernières ne se distinguent pas entre elles par des positions spécifiques dans l'espace. Ce que montre aussi cette analyse, c'est que la nationalité n'est pas forcément un très bon indicateur de l'internationalité, puisque l'on retrouve des professeurs étrangers du côté du pôle local et institutionnel (à droite), ainsi que des professeurs suisses qui sont très internationalisés. Nous approfondirons la question de l'internationalisation des professeurs au travers de l'analyse de leurs carrières, dans une partie qui leur sera spécifiquement consacrée.

Age de stabilisation en Suisse

Une deuxième variable descriptive est celle de l'âge de stabilisation en Suisse au poste de professeur ordinaire ou extraordinaire. Nous avons montré que l'âge moyen reste stable pour les trois cohortes autour de 40 ans. En observant la distribution de l'âge recodé en quatre catégories (stabilisation jusqu'à 35 ans, entre 35 et 40 ans, entre 40 et 45 ans et après 45 ans), on constate une répartition quasi linéaire le long du deuxième axe de l'ACM, c'est-à-dire l'axe de volume global de capital. En haut, les individus nommés professeurs avant 35 ans se distinguent clairement des individus en bas, nommés professeurs à partir de 45 ans.

Figure 4.7 Distribution des âges de stabilisation en Suisse



Effectifs : 125 professeurs stabilisés avant 35 ans, 222 entre 35 et 40 ans, 180 entre 40 et 45 ans et 115 après 45 ans (dont 43 après 50 ans).

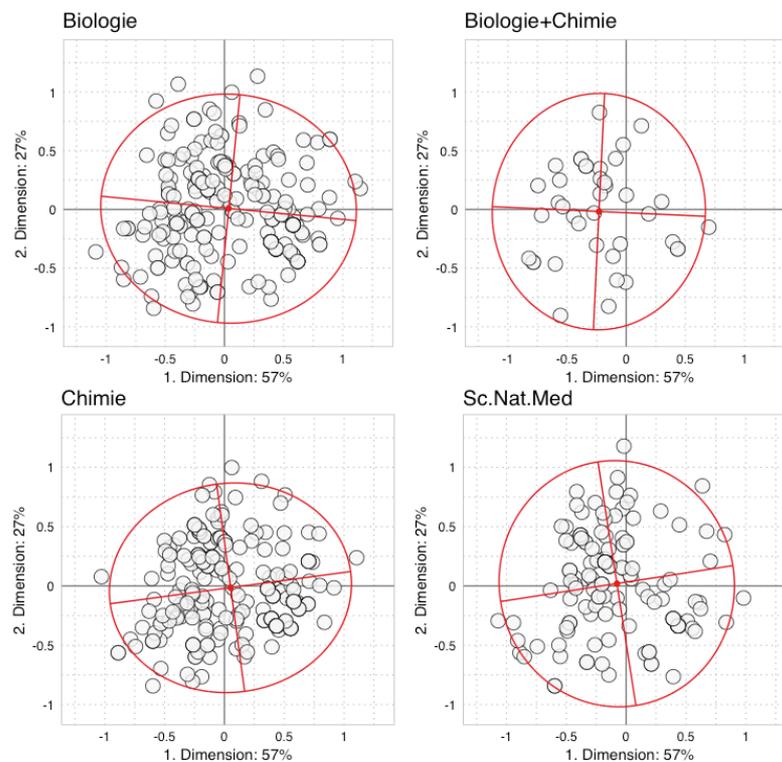
Cette distribution des âges renseigne sur une caractéristique particulière du fonctionnement de l'espace. Il semble en effet qu'il existe un rapport inverse entre le volume global de capital et l'âge de

stabilisation, indépendamment de la structure du capital. Les professeurs au nord qui sont ceux qui concentrent le plus de ressources sont aussi ceux qui sont stabilisés le plus tôt dans la carrière. Inversement, les professeurs en bas de l'espace dont les ressources sont les plus faibles sont ceux qui sont stabilisés le plus tard. Ainsi, les positions au sommet de la hiérarchie de l'espace semblent dépendre d'une stabilisation rapide en Suisse, ce qui exclut les carrières prolongées à l'étranger ainsi que dans des lieux externes à l'académie. Le moment de la stabilisation, lorsqu'il advient tôt dans la carrière, semble fonctionner comme un signal pour l'accès aux positions de professeur ordinaire et un marqueur de reconnaissance scientifique important puisqu'il est associé aux positions les plus dominantes en termes de volume de capital. Cet aspect, qui rappelle l'effet Matthieu tel que décrit par Merton (1968), peut fonctionner comme une incitation pour des allocations futures et contribuer à une certaine sélection sociale du talent par la concentration des ressources scientifiques au sein des individus qui bénéficient d'une légitimité déjà acquise. Nous consacrerons une partie de ce chapitre à l'analyse des carrières pour comprendre dans quelle mesure ce « potentiel » ou ce « talent » peut fonctionner, en tant que marque de reconnaissance symbolique, comme une condition pour l'accès aux postes les plus élevés (Bühlmann 2008 : 603).

Disciplines

Enfin, une troisième variable est celle des disciplines. Avant d'aborder la question des divisions internes aux disciplines, c'est-à-dire les sous-disciplines et les échelles, nous montrons comment les professeurs se distribuent en fonction de ces quatre grandes catégories disciplinaires (figure 4.8). Chaque ellipse de concentration réunit environ 80% des individus.

Figure 4.8 Ellipses de concentration des quatre disciplines principales



Effectifs : Biologie (N=232), Biologie+Chimie (N=40), Chimie (N=235) et Sciences naturelles médicales (N=135).

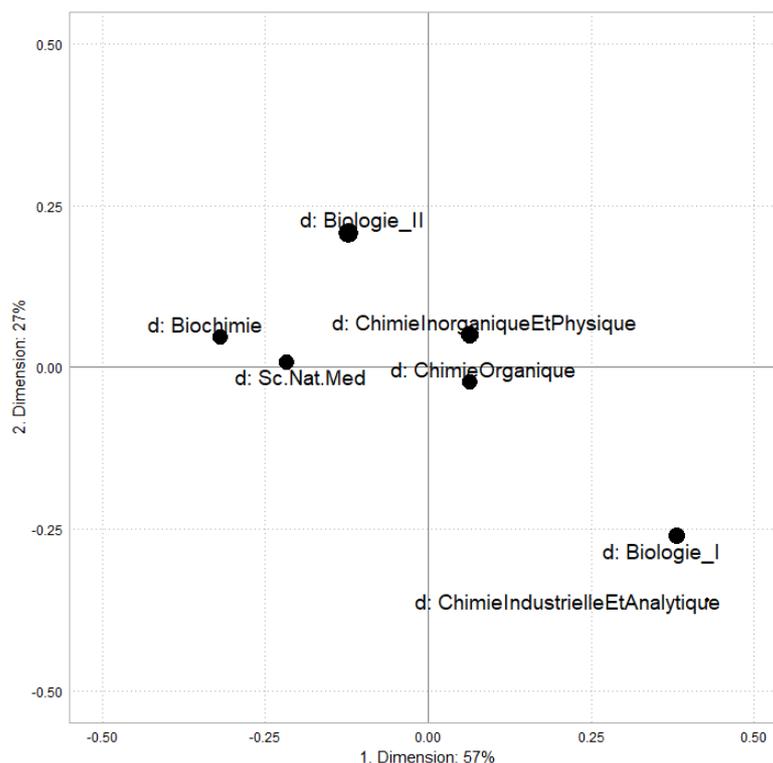
La projection des disciplines principales ne révèle pas de distinction majeure dans la distribution des professeurs. Le fait qu'on ne retrouve pas de professeurs de l'une ou l'autre discipline regroupés dans

une portion spécifique de l'espace indique que les variables et les modalités choisies pour l'ACM ne sont pas discriminantes du point de vue disciplinaire. Les indicateurs apparaissent donc comme relativement homogènes à l'ensemble de l'échantillon et ne sont pas surreprésentés pour une discipline en particulier. Cela est plutôt satisfaisant puisqu'il devient dès lors possible de dégager des logiques pour l'ensemble des professeurs sans risquer d'en discriminer une partie. Dans le même ordre d'idées, les distributions similaires permettent de produire des analyses des autres variables supplémentaires de manière conjointe au sein du même espace et de pouvoir les comparer.

Sous-disciplines

Si la distribution des grands groupes de disciplines ne semble pas montrer de différence notable dans la répartition des professeurs, les sous-disciplines se répartissent de façon plus distincte dans l'espace, comme le montre la figure 4.9 ci-dessous. La projection des sous-disciplines montre qu'elles ne se distribuent pas aléatoirement mais reflètent des configurations spécifiques de capitaux associés à certaines portions de l'espace. Le cadran nord-est regroupe les sous-disciplines de la biologie II, de la biochimie et des sciences naturelles médicales. A l'opposé, le cadran sud-est comprend la biologie I et la chimie industrielle et analytique. Au centre de l'espace, on trouve la chimie organique et la chimie inorganique qui occupent une position relativement proche.

Figure 4.9 Projection des sous-disciplines (1957-2000)



Effectifs : biochimie (N=88), biologie I (N=94), biologie II (N=138), chimie organique (N=87), chimie inorganique et physique (N=113), chimie industrielle et analytique (N=35), sciences naturelles médicales (N=87).

Les sous-disciplines de la biologie sont particulièrement hiérarchisées dans l'espace et chacune des deux biologies est associée à des fractions opposées de l'espace. Les professeurs de biologie II occupent une position dominante en termes de volume global de capital et se distinguent aussi des professeurs de biologie I en termes de composition du capital spécifique. L'écart des moyennes des coordonnées entre les biologies I et II est de (0.502) sur l'axe 1, ce qui indique une distance significative

entre les deux sous-disciplines lorsque l'on considère cette la structure du capital spécifique. La biologie II est davantage reliée à un fort degré de capital scientifique et d'internationalisation, alors que la biologie I est plutôt reliée aux positions dominées de l'espace qui sont occupées par les professeurs locaux, mais aussi par ceux qui occupent des positions de recteur et de doyen. Les deux biologies se distribuent aussi le long de l'axe 2 avec un écart entre les moyennes des coordonnées quasi significatif (0.467) ce qui indique que la hiérarchie entre les deux est aussi basée sur le volume général de capital. La biochimie apparaît encore davantage structurée par le capital scientifique que la biologie II et se distingue de la biologie I par un écart de 0.7 sur l'axe 1.

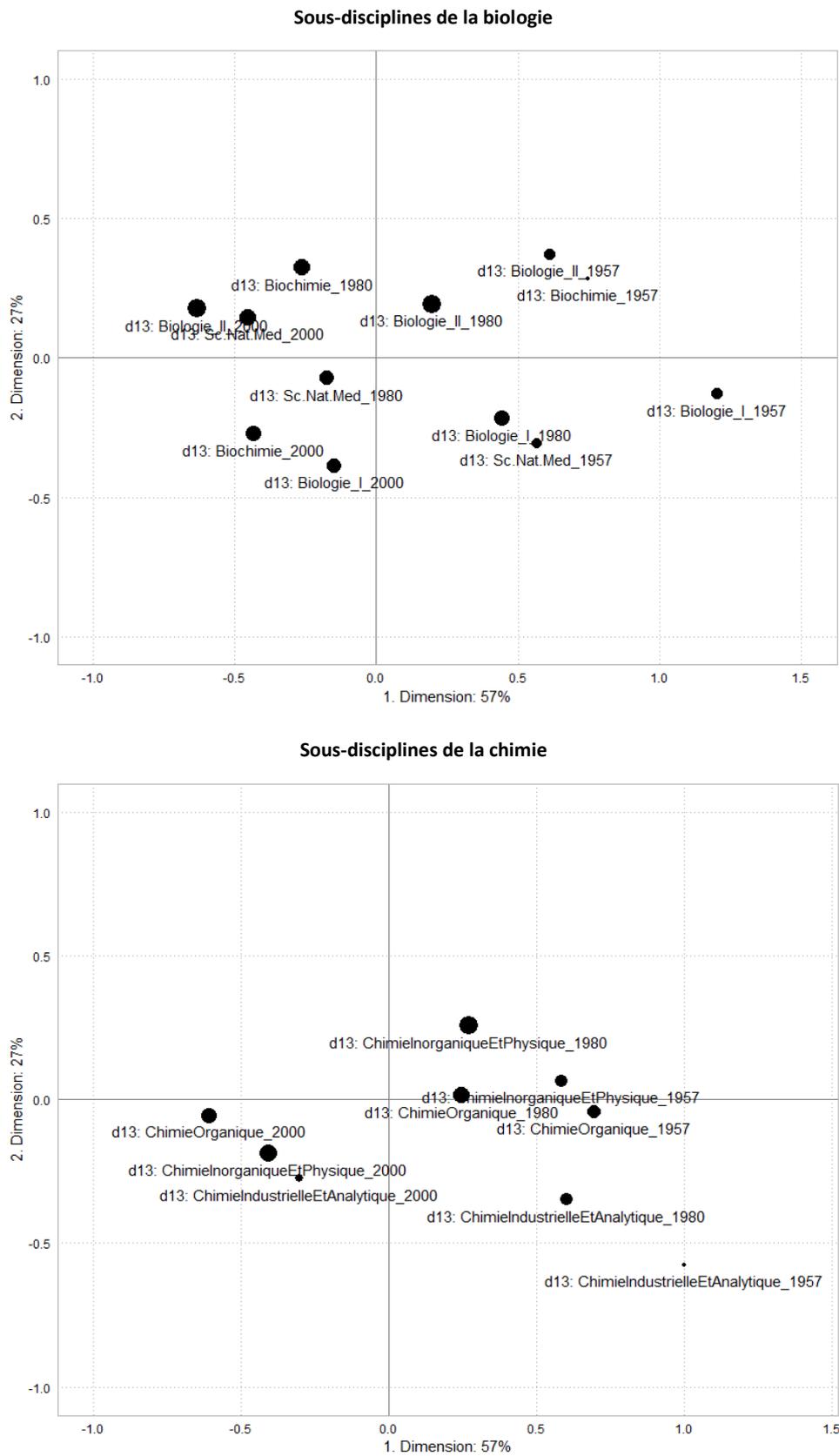
Dans le cas des sous-disciplines de la chimie, on constate que les deux branches principales de la discipline occupent des positions proches, au centre de l'espace. Ainsi, ni l'une ni l'autre ne se distinguent du point de vue de la structure du capital et le nombre plus élevé de professeurs de chimie inorganique dans les rectorats, les décanats et le Conseil national de la recherche du FNS ne semble pas refléter de distinction avec les professeurs de chimie organique qui seraient moins bien dotés en capital institutionnel mais mieux dotés en capital scientifique. La chimie industrielle et analytique, par contre, occupe une position au sud-est, dans la fraction caractérisée par la détention de capital extra-académique et un faible volume de capital global. Sa proximité de la biologie I indique que les professeurs des deux disciplines sont dotés d'une configuration de capitaux similaire. Les écarts aux moyennes des coordonnées avec les autres sous-disciplines de la chimie demeurent cependant en dessous du seuil de 0.5 ce qui, selon la règle d'usage, n'est pas suffisant pour les considérer comme significativement distinguées (Le Roux & Rouanet 2010 : 59, Hjellbrekke 2018 : 64).

La chimie apparaît comme moins hiérarchisée que la biologie, dont les deux pôles sont significativement distants. Dans le cas de cette dernière, on peut vraiment constater que la position dominante de la biologie II face à la biologie I se traduit par une détention de la part des professeurs d'un plus grand volume de capital et d'une concentration des ressources scientifiques. A cet égard, les positions dans l'espace des professeurs reflètent la hiérarchie des disciplines telle qu'elle est décrite par la littérature, hiérarchie néanmoins déterminée par la structure du capital plus que par son volume. On constate aussi que les professeurs de biologie I sont davantage caractérisés par une détention de capital institutionnel conféré par les positions de recteurs et de doyens, ainsi que de capital extra-académique.

2.2.3 Les sous-disciplines dans le temps

Si l'on a pu constater que la biologie II occupait réellement une place dominante dans l'espace des disciplines, on peut se demander dans quelle mesure la projection des sous-disciplines en fonction des cohortes permet de rendre compte d'une affirmation dans le temps de cette dernière. La distribution des sous-disciplines par année permet, d'une part, de suivre la trajectoire des positions de chacune des sous-disciplines de 1957 à 2000 et, d'autre part, de comparer ces positions avec toutes les autres à chacune des trois dates. Globalement, les professeurs de toutes les sous-disciplines suivent un mouvement vers la gauche de l'axe 1 qui correspond à celui des années vers une prise d'importance du capital scientifique et international par rapport au capital institutionnel et extra-académique. En général, les sous-disciplines de 1957 se retrouvent à la droite de l'espace, les disciplines de 1980 plutôt au centre et les disciplines de 2000 se situent à gauche, mais l'on constate aussi des mouvements le long de l'axe de volume global de capital (axe 2).

Figure 4.10 Projection des sous-disciplines par année



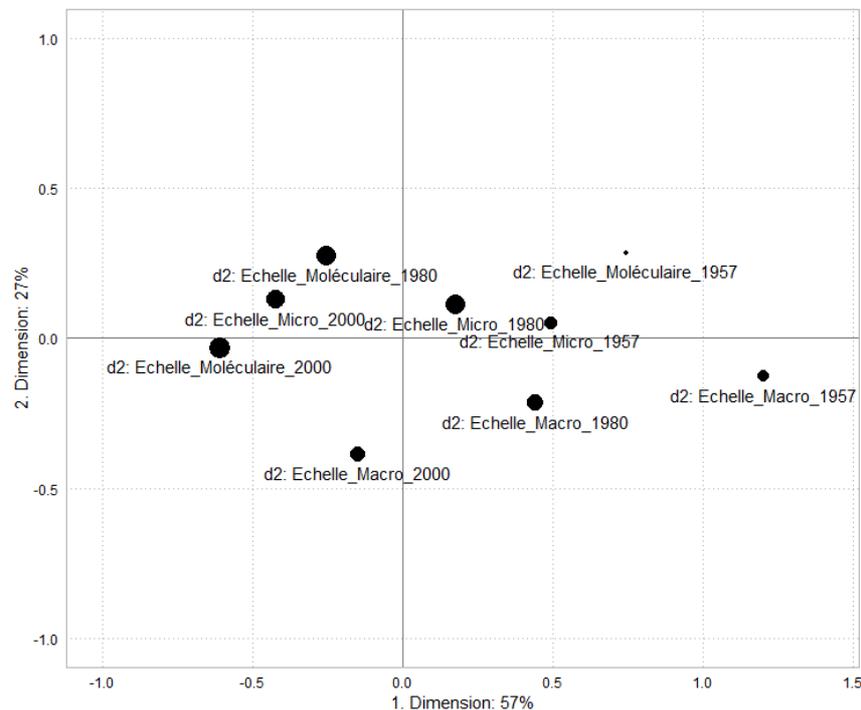
Note : Les sous-disciplines de la biologie comprennent la biologie I, la biologie II, la biochimie et les sciences naturelles médicales. Les sous-disciplines de la chimie comprennent la chimie organique, la chimie inorganique et physique et la chimie industrielle et analytique.

Concernant la biologie, on constate que la distinction entre les deux biologies est significative entre 1957 et 2000, avec une distance des coordonnées de 0.59 et 0.78 le long de l'axe de volume de capital (axe 2). Par contre, elle est plus faible pour l'année 1980 (0.41) et ne peut pas être considérée comme notable. La biologie I reste dans les fractions inférieures de l'espace les moins dotées en capital spécifique, alors que la biologie II se situe dans les fractions supérieures les mieux dotées en capital spécifique pour les trois dates. Les professeurs de biochimie et de sciences naturelles médicales suivent une trajectoire différente. Les premiers occupent les positions dominantes en 1957 et surtout en 1980, pour finalement rejoindre le cadran sud-ouest, caractérisé par un plus faible volume capital en général. Ainsi, la biochimie semble perdre de l'importance en termes de ressources acquises par les professeurs en 2000 alors qu'elle est clairement la discipline qui en concentre le plus en 1980. A cette date, elle est très proche dans l'espace de ce que seront la biologie II et les sciences naturelles médicales en 2000 et, en ce sens, semble « précéder » ces sous-disciplines en incarnant déjà les logiques caractéristiques de la période récente. Les professeurs de sciences naturelles médicales suivent par contre un chemin ascendant dans l'espace qui montre une certaine affirmation de la discipline dans le temps. En 1957, ils sont situés au même endroit que le seront les professeurs de biologie I en 1980, soit dans le quadrant sud-est, là où la configuration des ressources est à dominante locale et plutôt faible en volume général. En 1980, ils font partie des professeurs les plus « scientifiques » à l'image des biochimistes pour finalement se retrouver, en 2000, parmi les professeurs les mieux dotés en ressources aux côtés des professeurs de biologie II au sein de la fraction dominante de l'espace.

Dans le cas de la chimie, on retrouve un mouvement général de la droite vers la gauche de l'espace au gré des années. La chimie organique et la chimie inorganique occupent des positions similaires pour les trois dates et ne se distinguent pas selon l'axe de volume de capital. En ce sens, aucune différence significative ne s'observe entre les deux sous-disciplines du point de vue des capitaux détenus par les professeurs. Le déplacement le plus grand sur l'axe de volume global de capital concerne la chimie inorganique entre 1980 et 2000, avec une distance entre les coordonnées des modalités de 0.44, ne dépassant pas le seuil de 0.5, ne pouvant donc être considéré comme véritablement significatif. La chimie industrielle et analytique, par contre, se distingue des deux autres sous-disciplines. En 1957, elle occupe clairement une position dominée dans l'espace par rapport aux deux autres en termes de volume global de capital (0.62 par rapport à la chimie organique et 0.64 par rapport à la chimie inorganique). Par contre, elle ne diffère pas du point de vue de la composition du capital. On retrouve cette distinction en 1980, où les professeurs de chimie industrielle occupent toujours des positions dans le cadran sud-est. En 2000, les trois sous-disciplines partagent des positions similaires, reflétant le mouvement général d'autonomisation de l'espace.

La biologie voit donc trois sous-disciplines se disputer les ressources de pouvoir et donc les positions dominantes. La biochimie semble avoir occupé cette place dans les années 1980, la délaissant ensuite face à la biologie II et aux sciences naturelles médicales. Outre l'affirmation de la biologie moléculaire en tant que discipline, la littérature souligne le mouvement de *rationalisation* (Gros 1993) et de *molécularisation* de la biologie en général (Strasser 2006). Pour comprendre dans quelle mesure cette dynamique se reflète dans les positions sociales des professeurs, nous projetons les échelles de la biologie dans l'espace.

Figure 4.11 Projection des échelles par année pour les professeurs de biologie



Note : Les échelles de la biologie comprennent l'échelle macro qui renvoie au niveau d'analyse de l'écologie et de l'évolution (biologie I), l'échelle micro qui correspond à la microbiologie, la physiologie et le développement et l'échelle moléculaire qui regroupe la biologie moléculaire et la biochimie.

La position occupée par l'échelle moléculaire aux trois dates montre un déplacement clair vers le pôle autonome à gauche de l'espace qui traduit un renforcement des capitaux scientifique et international face aux capitaux institutionnel et extra-académique. Il apparaît cependant que ce mouvement est commun à l'ensemble des trois échelles et n'est ainsi pas propre à cette dernière. L'échelle moléculaire est représentée en 1957 par seulement deux professeurs qui sont les deux seuls professeurs de biochimie à cette date. Si l'on se concentre sur les années 1980 et 2000, on constate en fait un déplacement vers le sud de l'espace, soit une diminution dans le volume global de capital. En 1980, l'échelle moléculaire est clairement dominante par rapport aux deux autres. Elle se situe dans le cadran nord-ouest, le mieux doté en ressources scientifiques et en volume global de capital, alors que l'échelle micro et surtout l'échelle macro se trouvent plus à droite et plus au sud. Par contre, en 2000, elle n'est plus significativement distante des deux autres, bien qu'il subsiste un écart quasi significatif avec l'échelle macro de 0.46. On retrouve donc une certaine molécularisation de la biologie mais celle-ci semble davantage due à l'augmentation du nombre de professeurs de cette échelle qu'aux positions qu'ils occupent dans l'espace, ce qui indique que ce mouvement ne se traduit pas de manière claire en termes de ressources détenues par ces derniers.

Les résultats de l'ACM montrent une différenciation tardive de la biochimie et de la biologie moléculaire qui intervient entre les années 1980 et 2000. Il est intéressant de relever comment l'analyse des caractéristiques sociales des professeurs de ces deux disciplines se distinguent progressivement. On peut faire l'hypothèse que cette distinction est la conséquence d'un mouvement de réaffirmation de la dimension internationale de la biochimie face à la montée de la biologie moléculaire dans la fin du xx^e siècle. La distinction entre ces deux disciplines formulées notamment par Gros (1993 : 77) se retrouve ici dans une distinction des caractéristiques sociales des professeurs. Dans la suite de ce chapitre, nous allons nous pencher plus en détail sur les professeurs eux-mêmes pour approfondir la question du rapport entre les ressources, les profils et les disciplines. Les sous-

disciplines, qu'elles soient abordées selon leur nomenclature institutionnelle ou selon les échelles d'analyse, semblent se distribuer dans l'espace et correspondre à certaines configurations de capitaux bien précises. Dans la partie suivante, nous analysons les caractéristiques des professeurs pour dresser quatre profils types. Après avoir qualifié ces profils en fonction des capitaux des professeurs, des années et des caractéristiques sociodémographiques, nous chercherons à comprendre dans quelle mesure ils sont rattachés à des préférences disciplinaires particulières.

2.3 Quatre profils de professeurs

En reliant les positions occupées par les professeurs avec leurs dotations en capitaux et leurs caractéristiques sociodémographiques et disciplinaires, nous proposons une typologie des profils types de ces professeurs. À l'aide d'une méthode de partitionnement en classes (ou *clustering*) sur les coordonnées des individus dans l'espace, il est possible d'identifier des groupes de professeurs aux caractéristiques aussi proches à l'intérieur qu'elles sont différentes des autres groupes. Le clustering a été effectué à l'aide du package *factoextra* pour le logiciel R, un package de dépendance de *FactoMineR*¹⁴². Il s'agit d'un clustering basé sur une classification ascendante hiérarchique, c'est-à-dire qu'elle prend comme point de départ la *distance* entre les coordonnées des individus dans l'espace pour mesurer leur degré de dissimilarité. En d'autres termes, plus un point est éloigné d'un autre, plus il est dissemblable, et plus il est proche, plus il est semblable. Par itérations successives, l'algorithme crée des classes d'individus en fusionnant la position des deux individus les plus proches, puis des classes les plus proches jusqu'à n'obtenir plus qu'une seule classe. Cette arborescence peut ensuite être à nouveau fractionnée, ou coupée, en un nombre de classes choisi de manière statistique ou analytique. L'opération menée ici est un partitionnement de type *k-moyennes* (ou *k-means*), c'est-à-dire que l'algorithme cherche à minimiser la distance entre les coordonnées des individus et un point de moyenne d'abord créé arbitrairement dans l'espace, puis réitéré pour que chaque individu se retrouve à la distance minimale du centre de son cluster¹⁴³.

L'objectif est de mesurer la sur- ou la sous-représentativité des modalités dans une classe en la comparant soit à la prévalence de la modalité dans la population, soit à sa proportion dans les autres classes. Pour mener ces analyses univariées menées sur chacune des modalités (Husson et al. 2010), nous avons eu recours à la fonction *catdes* du package *FactoMineR* développé pour le logiciel R¹⁴⁴ qui permet de caractériser les modalités et les groupes d'individus en renvoyant les résultats de la répartition de chaque modalité dans chaque classe, de la proportion d'individus caractérisés par la modalité qui appartiennent également à la classe, et la proportion de la modalité dans la population générale¹⁴⁵. Pour chaque modalité, une *p-value* et une valeur-test (*v-test*) indiquent la probabilité que la distribution dans les classes ne soit effectivement pas due au hasard. Elle est ainsi l'équivalent d'un test de comparaison de moyennes lorsque la variable est quantitative et d'un test de comparaison de proportions lorsque la variable est catégorielle. Le seuil de la *p-value* est fixé à 0.05 et correspond à une valeur-test de + ou - 2. Cette dernière possède en effet un signe, un signe positif signifiant que la modalité est surreprésentée dans la classe, un signe négatif qu'elle est sous-représentée. La *v-test* permet ainsi de trier les modalités par ordre d'importance pour la contribution à la classe.

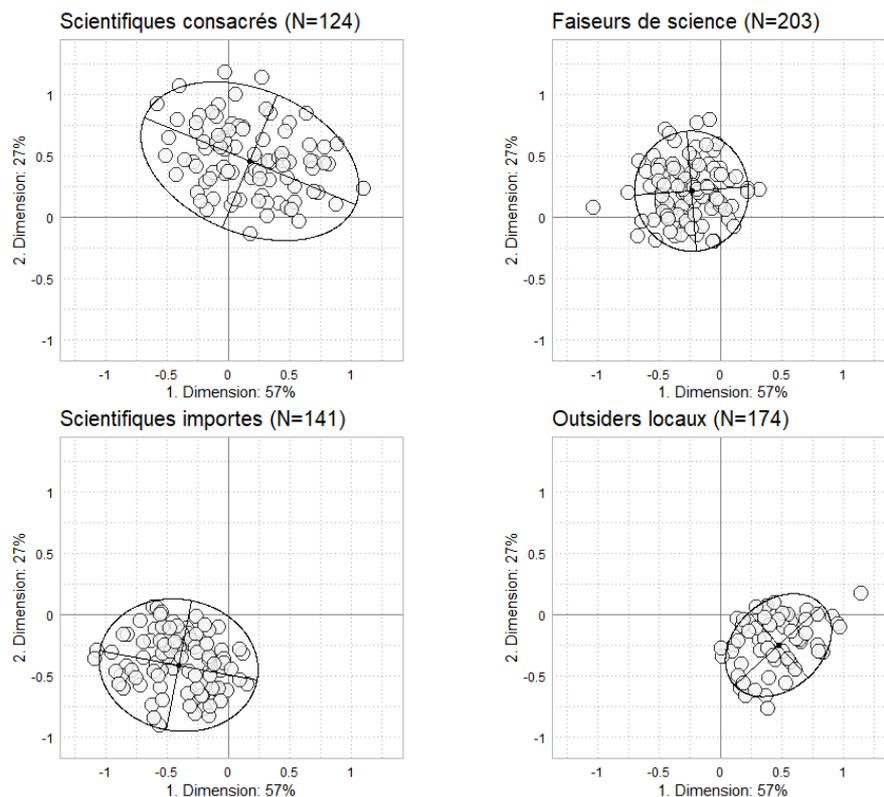
¹⁴² *FactoMineR* a été développé et est maintenu par François Husson, Julie Josse, Sébastien Lê, d'Agrocampus Rennes, et J. Mazet. *Factoextra* a été développé et est maintenu par Alboukadel Kassambara et Fabian Mundt.

¹⁴³ Les contributions des modalités actives et supplémentaires à la définition des clusters sont résumées dans l'annexe 5.6.

¹⁴⁴ *FactoMineR* est développé par François Husson, Julie Josse, Sébastien Le et Jeremy Mazet.

¹⁴⁵ *Cla/Mod* indique la proportion des individus qui sont définis par la modalité et qui font aussi partie du cluster. *Mod/Cla* indique la proportion des individus au sein du cluster qui sont définis par la modalité. *Global* indique la distribution globale de la modalité. La fonction renseigne également les *chi-2* du croisement entre les variables et les clusters.

Figure 4.12 Clustering sur 3 axes : Ellipses de concentration des individus



Note : le choix d'un clustering en quatre classes repose à la fois sur un calcul de robustesse statistique et sur des raisons analytiques. Le test de l'*Average Silhouette Width* (ASW) mené avec *factoextra* indique un score le plus élevé pour une partition en trois ou quatre classes (0.365 et 0.361), ce qui signifie que l'on trouve la meilleure cohérence interne et la plus grande dissimilarité interclasses pour ces deux solutions. Nous avons opté pour une solution en quatre clusters car elle offrait une diversité plus grande et donc plus intéressante d'un point de vue explicatif.

Le premier type regroupe les *scientifiques consacrés* (N=124) au nord de l'espace et se distribue le long de l'axe 1. Il s'agit de professeurs détenant un volume important de capital spécifique cumulant à la fois d'importantes ressources scientifiques et du pouvoir temporel. Le profil type d'un professeur au sein de cette classe est le suivant : il s'agit d'un professeur ordinaire, récompensé par au moins un prix scientifique majeur en Suisse et qui a occupé durant sa carrière des positions institutionnelles majeures, comme recteur ou doyen d'une faculté, ou comme membre du comité d'une institution de promotion de la recherche scientifique. Il a également pu jouer un rôle d'intermédiaire avec les autorités politiques comme membre d'une commission extra-parlementaire. Ce professeur a obtenu son doctorat en Suisse et a ensuite effectué un séjour postdoctoral à l'étranger pour une durée maximale de 4 ans avant de revenir en Suisse. A son retour, il est rapidement nommé à un poste stabilisé, entre 35 et 40 ans. De nationalité suisse, il est représentatif des cohortes de 1957 et de 1980 et semble ainsi préfigurer d'une détention de capitaux des ressources caractéristique de cette période, mais pas de l'année 2000. D'un point de vue disciplinaire, ce sont d'abord des professeurs de biologie II, en particulier dans le domaine de la microbiologie, physiologie et du développement. Ce dernier aspect est intéressant, car il montre que les professeurs les plus dotés en capitaux dans la période de l'affirmation de la biologie *fonctionnelle* sont des professeurs représentant cette même biologie, mais sans être particulièrement des professeurs de biologie moléculaire. Ce sont les professeurs qui occupent les positions dominantes permettant de mener le jeu, garantissant la reproduction des logiques endogènes au champ par l'occupation des positions de contrôle social des pratiques scientifiques légitimes à l'interface des différentes sphères. En tant que *gardiens* des frontières du champ académique, ils définissent aussi celles des disciplines (Lamont & Molnar 2002, Gingras 2012).

Le deuxième type est celui des *faiseurs de science* (N=203) et se situe à gauche de l'espace au nord de l'axe 1. Comme les *scientifiques consacrés*, ils sont détenteurs d'un fort volume global de capital spécifique mais, contrairement à ces derniers, avec une dominance nette du capital scientifique sur le capital de type institutionnel. Le profil type associé à ce groupe est le suivant : il s'agit d'un professeur extraordinaire récompensé par un prix scientifique suisse majeur n'ayant jamais occupé de fonction institutionnelle ni au sein des universités ni au sein des autres organisations de promotion de la recherche scientifique. Il a obtenu son doctorat en Suisse puis a effectué un séjour postdoctoral dans une université d'élite ou dans un prestigieux centre de recherche, notamment dans des laboratoires intergouvernementaux, indépendants ou privés à l'image de l'*European Molecular Biology Laboratory (EMBL)*. De nationalité suisse, il est spécialisé dans le domaine de la microbiologie et particulièrement en biologie moléculaire. Représentant de la cohorte 2000 et presque inexistant en 1957 et 1980, ce professeur incarne la figure du dominant de l'espace scientifique dans son pôle le plus autonome.

Le troisième type de profil est celui des *scientifiques importés* (N=141) qui se concentrent dans le cadran sud-ouest de l'espace. Ces professeurs détiennent un niveau important de capital international accumulé lors d'une carrière effectuée en dehors de la Suisse et sur une durée relativement importante. Contrairement aux *scientifiques consacrés* et aux *faiseurs de science*, ils ne sont pas dotés d'une forme de capital scientifique légitime au sein de l'espace, c'est-à-dire qu'ils n'ont pas accès à la reconnaissance scientifique en matière d'obtention de prix scientifiques, à l'engagement au sein de laboratoires de recherche nationaux ou privés, ni aux positions institutionnelles. La consécration de leur carrière passe plutôt par l'obtention d'un poste de professeur ordinaire en Suisse, contrairement aux *faiseurs de science* qui sont plutôt des professeurs extraordinaires. Le profil type du *scientifique importé* est le suivant : il s'agit d'un professeur ordinaire ayant effectué l'entier de sa carrière au sein du monde académique, mais sans passer par de prestigieuses institutions. Après l'obtention d'un doctorat dans un pays autre que la Suisse, il a poursuivi sa carrière à l'étranger sans obtenir de poste stabilisé. L'accumulation de ressources scientifiques à l'international finira par lui permettre l'accès à la stabilisation en Suisse. C'est un professeur de nationalité non suisse particulièrement représenté en 2000. Il n'est pas particulièrement défini en termes de discipline mais la catégorie la plus représentée parmi ce type de profil est celle des biochimistes en faculté des sciences.

Le quatrième et dernier type est celui des *outsiders locaux* (N=174)¹⁴⁶. Il regroupe des professeurs se situant dans le cadran sud-est de l'espace globalement caractérisé par un niveau relativement faible de capital spécifique, un localisme important et d'importantes ressources extra-académiques. L'idéal-type de l'*outsider local* est celui d'un professeur extraordinaire dont le travail n'a jamais été récompensé par un prix scientifique majeur. Durant son parcours, il n'a pas occupé de fonction dans des centres de recherche nationaux ou intergouvernementaux, indépendants ou privés et n'a pas non plus effectué de séjour postdoctoral au sein d'une institution scientifique hors de la Suisse. Il n'a en fait vraisemblablement jamais quitté la Suisse, où il a obtenu son doctorat. Il est également tenu à l'écart des pouvoirs institutionnels liés aux organismes de promotion de la recherche comme l'ASSN et le FNS, mais il peut accéder aux positions de recteur et de doyen ou siéger dans des commissions extra-parlementaires plus facilement que ne le feraient les *faiseurs de science* et les *scientifiques importés*. Comme la figure du *scientifique consacré*, celle de l'*outsider local* est typique des années 1957 à 1980 mais se fait rare dans les années 2000. Si la première concentrait massivement le pouvoir au sein de l'espace par une forte dotation en capital spécifique, cette dernière figure est plutôt celle d'un professeur de nationalité suisse stabilisé sur le tard après avoir poursuivi une carrière à l'extérieur

¹⁴⁶ Finalement, le terme *outsiders locaux* n'est pas le plus heureux pour décrire cette dernière classe de profils. On aurait pu préférer *locaux diversifiés*, pour montrer à la fois l'aspect local des carrières et le capital scientifique plus diversifié de ces professeurs qui, par ailleurs, détiennent peu de capital scientifique et international sous leur forme autonome.

de la sphère académique. Elle est liée aux disciplines de la biologie I et de la chimie industrielle et analytique. L'*outsider local* est certainement plus proche de la figure du *chercheur industriel* telle que définie par Gaudillière (2015).

Encadré 4.2 Quatre figures illustratives des profils¹⁴⁷

Le professeur Hugo Aebi (1921-1983), que nous avons déjà présenté en tant que premier professeur de biochimie en Suisse, est un excellent cas illustratif de la figure du **scientifique consacré**. Il cumule toutes les principales caractéristiques de ce type qui détient à la fois les ressources scientifiques et les ressources de pouvoir temporel. De nationalité suisse, il a d'abord obtenu un doctorat à l'Université de Bâle en 1945, effectué un passage d'une courte durée aux Etats-Unis avant de mener une carrière académique entièrement nationale. Professeur ordinaire à l'Université de Berne depuis 1954, il a été doyen de la faculté de médecine (1961-1963), puis recteur de 1970 à 1971. Il n'a pas seulement occupé les principales fonctions exécutives de l'administration des universités, mais a également été membre de deux organisations de promotion et de financement de la science. Il a été membre, puis vice-président du Conseil national de la recherche scientifique (FNS) de 1968 à 1972 et président du CSSI de 1973 à 1978. Enfin, il a été consacré par le Prix Otto Nâgeli en 1972 pour ses travaux en biochimie / chimie clinique, l'un des prix suisses les plus prestigieux dans le domaine de la biomédecine.

La figure du **faiseur de science** peut être incarnée par le professeur Hans Acha-Orbea, né en 1955 à Zurich et de nationalité suisse. Après un doctorat à l'Université de Zurich en 1984, il a effectué un séjour postdoctoral à l'Université de Stanford aux Etats-Unis (1985-1988), une institution parmi les plus prestigieuses dans les classements internationaux. Il a ensuite travaillé au sein de l'Institut Ludwig pour la recherche sur le cancer jusqu'en 1994 où il a été nommé professeur associé de biochimie à l'Université de Lausanne (1994-2008). Il a reçu le Prix Joseph Steiner pour la recherche contre le cancer en 1995. Bien qu'il n'ait pas été récompensé par un prix majeur, Acha-Orbea possède un capital scientifique très important acquis lors de son passage par les USA, puis par son mandat au sein de l'antenne lausannoise de l'Institut Ludwig, alors une organisation de recherche indépendante basée à New York et considérée comme un acteur majeur à l'échelle mondiale dans les domaines de l'immunologie et de l'immunothérapie (<https://www.swissinfo.ch>, 06.10.2010). Par contre, il ne possède pas de capital lié au pouvoir temporel, n'ayant jamais siégé au sein ni des organes exécutifs des universités, ni des organisations de promotion et de financement de la recherche.

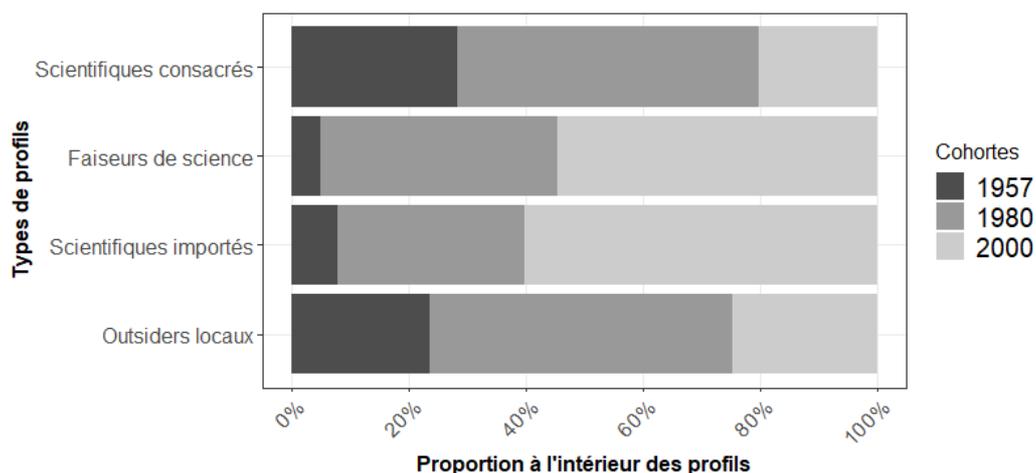
Le professeur Reinhard Nesper représente la figure du **scientifique importé**. De nationalité allemande, il est né en 1949 à Elze et a d'abord effectué sa carrière dans son pays d'origine avant d'être nommé professeur ordinaire de chimie inorganique à l'EPFZ en 1990. Il obtient un doctorat en chimie à l'Institut Max-Planck de Stuttgart en 1979, puis y occupe la fonction de chercheur senior jusqu'en 1989 avant d'être engagé en Suisse. Il a également effectué un passage d'une année par les Etats-Unis (Cornell University) durant son engagement à Max-Planck, entre 1984 à 1985. Nesper a ainsi accumulé un capital scientifique international de proximité qu'il a pu convertir en accès à un poste stabilisé en Suisse. Par contre, il ne figure pas parmi les professeurs récompensés par des prix scientifiques, ni parmi ceux qui occupent des fonctions exécutives puisqu'il n'a été ni doyen, ni recteur, ni membre de l'ASSN ou du FNS.

Enfin, le professeur Jacques Aubert (1915-1995) illustre parfaitement la figure de l'**outsider local**. Né à Lausanne, il obtient son doctorat pour une thèse portant sur les plécoptères de Suisse romande (Université de Lausanne, 1946). Ensuite, il mène une carrière comme conservateur au Musée cantonal de zoologie du canton de Vaud dont il devient le directeur en 1967, fonction qu'il occupe jusqu'en 1981. En 1967, il obtient également un poste de chargé de cours en entomologie à l'Université de Lausanne et est nommé professeur associé d'entomologie et zoogéographie écologique en 1978. Sa carrière est essentiellement basée sur une accumulation de capital extra-académique au niveau local puisqu'il n'a jamais occupé de position dans des institutions académiques à l'étranger, été doyen ou recteur, ni été membre d'une organisation de promotion et de financement de la science.

¹⁴⁷ Une projection des quatre figures présentées ici pour illustrer les quatre profils se trouve dans l'annexe 5.5.

Nous l'avons mentionné, ces figures idéales-typiques sont plus ou moins probables en fonction des années. En effet, le *scientifique consacré* et l'*outsider local* semblent représentatifs des années 1957 à 1980, mais sont bien moins présents dans la cohorte des professeurs de 2000, plutôt caractérisée par les figures du *faiseur de science* et du *scientifique importé*. La figure 4.13 montre la répartition des professeurs dans les quatre classes en fonction des années.

Figure 4.13 Professeurs dans les clusters selon les années (en % sur l'effectif du cluster)



Lecture du graphique : Dans le profil des *scientifiques consacrés*, on trouve 28.5% de professeurs de 1957, 51.6% de professeurs de 1980 et 20.2% de professeurs de 2000. Effectifs pour les *scientifiques consacrés* : 1957 (N=35), 1980 (N=64), 2000 (N=25). Pour les *faiseurs de science* : 1957 (N=10), 1980 (N=82) et 2000 (N=110). Pour les *scientifiques importés* : 1957 (N=11), 1980 (N=45) et 2000 (N=85). Pour les *outsiders locaux* : 1957 (N=41), 1980 (N=85) et 2000 (N=43).

Cette répartition différenciée des profils entre les périodes soulève une question intéressante quant à la transformation du profil des élites académiques. Notre analyse indique un changement entre 1980 et 2000 avec deux profils caractéristiques d'une période allant de la moitié du xx^e siècle aux années 1980 et deux autres profils plus spécifiques aux années suivantes mesurées par la date de 2000. Gaudillière (2015) avait théorisé la prédominance de la figure du chercheur *industriel* dans la période allant de 1920 aux années 1980, remplacée ensuite par celle du chercheur *entrepreneur* typique de la période d'expansion de l'économie de la connaissance. Ce nouveau profil apparaît comme la conséquence des reconfigurations majeures au sein de la sphère académique et de ses liens avec le secteur privé vers une plus forte intégration des logiques managériales et d'innovation au sein même des institutions académiques. Cette figure est aussi liée au renforcement des logiques de la commercialisation des résultats de la recherche et de la prise d'importance d'une identification de l'excellence scientifique basée sur l'importation de chercheurs « stars » souvent recrutés à l'international et étant les plus fortement investis dans le développement de start-up (Owen-Smith & Powell 2004, Malissard et al. 2003). Owen-Smith & Powell (2004 : 353) identifient quatre types de profils des chercheurs en sciences de la vie basés sur une première opposition entre une « ancienne école » et une « nouvelle école » et une seconde comprenant les deux cas hybrides du « traditionnaliste ouvert » et de l'« entrepreneur réticent ». Dans une certaine mesure, cette typologie est comparable à nos quatre profil types dans ce que l'on retrouve une opposition entre une ancienne école incarnée par le *scientifique consacré* et l'*outsider local* et une nouvelle école incarnée par le *faiseur de science* et le *scientifique importé*. Par contre, elle est fortement basée sur la discussion autour de l'émergence de la figure du chercheur *entrepreneur* et les profils d'Owen-Smith et Powell (2004) intègrent des indicateurs relatifs à la commercialisation des recherches que nous n'avons pas inclus dans notre analyse.

Dans cette partie, nous avons présenté quatre profils issus d'une classification automatique. Ces profils ont été illustrés par quatre figures de professeurs réunissant chacune le maximum de caractéristiques rattachées à leur classe (c'est-à-dire de modalités surreprésentées figurant dans l'annexe 5.5). Dans la partie qui suit, nous nous intéresserons spécifiquement au profil des femmes professeures. Elles constituent un groupe atypique dans la mesure où elles sont très peu nombreuses dans l'échantillon, et il s'agit ici d'explorer les ressources de celles qui ont eu accès à un champ hiérarchisé par une distribution inégale en capitaux de légitimité et de reconnaissance d'une population historiquement masculine (Marry 2008, Ecklund et al. 2012, Lefevre et al. 2018). L'analyse du profil (et des trajectoires des femmes professeures que nous présenterons dans la partie consacrée aux types de carrières) permet de mettre en lumière certaines limites d'une approche en termes de typologie peu sensible aux variables mesurant le genre.

2.4 L'hétérogénéité du profil des femmes professeures

Dans la partie consacrée à la description de l'échantillon, nous mentionnions le très faible nombre de femmes professeures (N=25), leur surreprésentation dans la discipline de la biologie (N=17) ainsi que dans la fonction de professeure extraordinaire (N=17) et leur accès limité aux positions de pouvoir temporel. Ces données confirment le constat largement partagé d'une sous-représentation des femmes dans les postes académiques stabilisés, et ce indépendamment des contextes nationaux (Le Feuvre et al. 2018) ou des disciplines (Ecklund et al. 2012). Les travaux qui portent sur les femmes dans le milieu académique se focalisent largement sur les inégalités dans les modes de recrutement et de promotion académique et dans la productivité scientifique (Marry 2008), ainsi que sur la spécificité sexuée de la socialisation familiale et scolaire (Zuckerman et al. 1991, Renisio 2015, Millet 2017), faisant partie de ce qui est plus communément appelé le « plafond de verre » (Laufer 2004, Sanchez-Mazas & Casini 2005), c'est-à-dire les « obstacles visibles et invisibles qui séparent les femmes du sommet des hiérarchies professionnelles et organisationnelles » (Laufer 2004 : 118).

Dans un entretien filmé datant de 2017, Heidi Diggelmann, l'une des femmes professeures de sciences naturelles les plus dotées en capitaux scientifique et institutionnel, revient sur la persistance des inégalités de genre dans l'accès aux postes académiques les plus prestigieux.

« Je me suis retrouvée dans des situations où vraiment j'ai été choquée. Par exemple il y avait un comité de nomination dans la faculté à l'Université de Lausanne. Il y avait une candidature féminine et une candidature masculine. On a parlé, on a décrit les caractéristiques de cet homme avec plein d'adjectifs qui suggéraient que c'est un homme qui sait ce qu'il veut, qu'il a des qualités de leadership, etc. Et quand il y avait la description de la biographie de la femme, une des phrases qui a été dite c'est : c'est une femme qui a les dents longues. [...] Est-ce que vous vous rendez compte que les caractéristiques sur un CV masculin sont interprétées comme étant positives et celles de la femme comme étant insupportables. C'est là où j'ai vu vraiment l'excès de la discrimination de la femme, même arrivé à un très haut niveau, comme de se présenter pour un poste de professeur ordinaire. »

(Film *Heidi Diggelmann. Le virus de la science*. 2017 (29 :33) Association Films Plans-Fixes)

Ce qui choque Heidi Diggelmann apparaît comme une constante sociologique des représentations différenciées des « capacités et caractéristiques *féminines* et *masculines* en ce qui concerne la direction et le pouvoir ainsi que du modèle *masculin-instrumental* qui persiste de nos jours dans les représentations des modes de fonctionnement des organisations » (Casini & Sanchez-Mazas 2005 : 111). En s'intéressant aux inégalités sexuées des carrières de biologistes au CNRS et à l'INRA en France, Marry (2008) montre comment ce qui est valorisé pour une femme dans le monde académique se heurte toujours à un double interdit symbolique et pratique qui renforce les mécanismes d'auto-censure : d'un côté, le renouvellement des représentations qui continuent à postuler « l'infériorité intellectuelle des femmes » et, de l'autre, les contraintes de disponibilité hors du foyer familial qui

sont particulièrement fortes dans les sciences expérimentales, et notamment en biologie, dont la pratique requiert de longues heures de présence dans les laboratoires ainsi que de fréquents déplacements à l'étranger (Marry 2008 : 38). De manière générale, les exigences divergentes des univers professionnels et familiaux participent à créer des dilemmes qui sont susceptibles de contribuer aux dynamiques d'auto-censure et d'auto-exclusion (Casini & Sanchez-Mazas 2005 : 110).

Nous l'avons évoqué, la sous-représentation des femmes parmi les professeurs ordinaires et extraordinaires témoigne d'elle-même d'une importante stratification de la fonction à l'égard des sexes. Le phénomène du « plafond de verre » se doit d'être situé dans le cadre des mécanismes invisibles de la domination masculine et d'une forme particulière de violence symbolique favorisant l'intégration d'*habitus* spécifiques par l'intégration des « qualités attendues » telles que la soumission, la docilité et le dévouement pour les femmes, et par l'intériorisation des « qualités masculines » de contrôle de soi, de compétition et de réussite pour les hommes (Marry 2008 : 37, Sanchez-Mazas & Casini 2005)¹⁴⁸. Pour saisir les dynamiques proprement *genrées* des inégalités dans l'accès aux postes académiques, il faudrait pouvoir revenir sur différents mécanismes qui, dès l'enfance, façonnent le « curriculum caché » et, plus largement, favorisent la construction du genre (Sanchez-Mazas & Casini 2005 : 145). Plus tard dans le parcours de vie, il faudrait disposer d'informations relatives à la vie privée et ses liens avec la vie professionnelle pour les hommes et pour les femmes, pour pouvoir effectivement saisir les logiques discriminatoires qui freinent la mobilité ascendante de ces dernières.

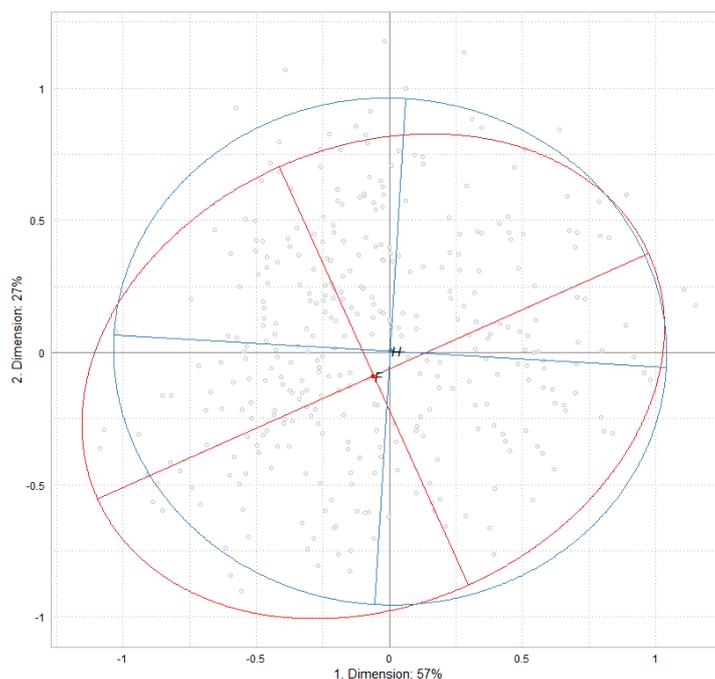
La variable du sexe n'est donc pas suffisante pour mesurer le genre (Alvarez & Parini 2005) et ce que nous proposons de faire ici n'est rien d'autre qu'une analyse des similarités et des différences entre les professeurs basées sur le sexe. Puisque l'accès au sommet de la hiérarchie institutionnelle académique est rendu particulièrement difficile pour les femmes, on peut faire l'hypothèse que les professeures qui ont atteint ces positions ont réussi à outrepasser certaines barrières et possèdent donc une certaine configuration de ressources qui pourrait se retrouver sous la forme de profils particuliers. Dans cette partie, nous proposons d'analyser le profil de ces femmes professeures en les situant au sein de l'ensemble de l'espace.

Lorsque l'on considère la distribution de leurs positions dans l'espace (figure 4.14), on ne constate aucune différence significative avec celles des hommes. Les centres des ellipses sont très rapprochés¹⁴⁹ (les coordonnées des deux variables projetées sont distantes de 0.15 sur l'axe horizontal et de 0.26 sur l'axe vertical et ne présentent donc pas d'écart notable), ce qui indique que les premières ne possèdent pas de configurations spécifiques de ressources qui les distingueraient des seconds. On constate néanmoins que l'ellipse de concentration des femmes professeures est légèrement plus allongée selon l'axe de structure du capital. Par conséquent, la distribution des positions occupées par les femmes professeures est davantage tributaire d'une distinction en termes d'opposition entre, d'une part, la détention de capitaux scientifique et international et, d'autre part, le capital institutionnel et l'absence de mobilité internationale.

¹⁴⁸ Marry (2001 : 37) nuance l'hypothèse d'une intériorisation passive par les filles de stéréotypes sexués en insistant sur le fait que « les filles seraient moins soumises ou moins contraintes que les garçons à réussir selon le modèle canonique d'excellence fondé sur la compétition [...] et l'investissement exclusif sur la carrière » et, donc, sur la plus grande diversité des potentielles valeurs et destinées féminines.

¹⁴⁹ Les ellipses de concentration contiennent 85.7% des observations d'une modalité (Le Roux & Rouanet 2010 : 69-70).

Figure 4.14 Distribution des professeurs selon le sexe (ellipses de concentration)



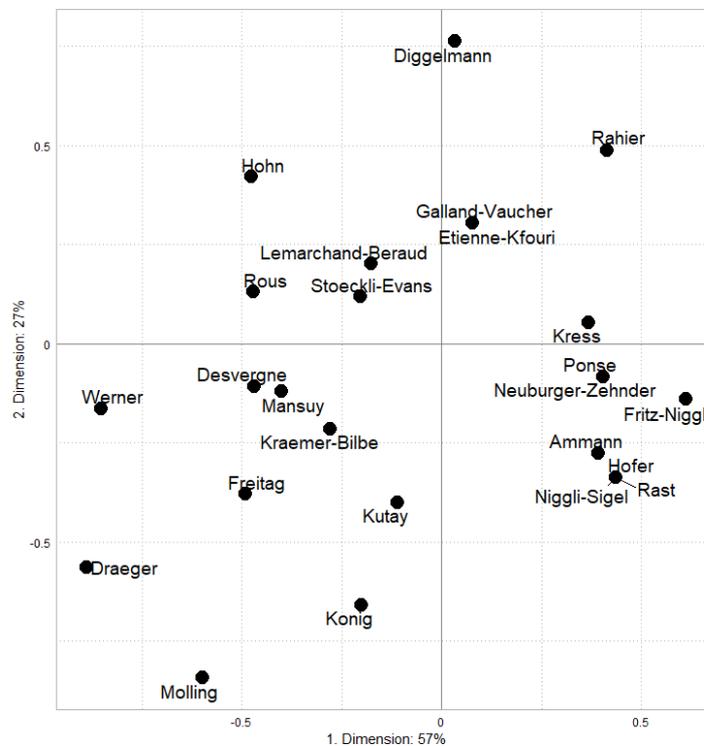
Si l'on compare la distribution des variables *actives* et *supplémentaires* utilisées pour l'ACM principale du chapitre, on constate que les femmes professeurs sont caractérisées par le fait d'avoir effectué un doctorat dans un pays limitrophe et d'occuper une fonction de professeure extraordinaire. Elles sont aussi caractérisées par des nationalités limitrophes (avec une surreprésentation des nationalités francophones) et sont nommées relativement tard dans leur carrière (après 45 ans). Enfin, comme nous le développerons par la suite, elles sont caractérisées par des carrières essentiellement locales en Suisse¹⁵⁰. Certaines caractéristiques sont aussi sous-représentées chez les femmes professeurs. Elles n'ont que très rarement occupé une position dans des laboratoires *in-house*, sont plus rarement de nationalité suisse que leurs homologues masculins, de même qu'elles sont tenues à distance des positions de professeure ordinaire. Ces quelques traits communs restent néanmoins insuffisants pour être interprétables en termes de profil particulier typique des femmes professeurs en tant que catégorie.

En effet, les femmes professeurs occupent des positions distribuées dans tout l'espace et leur profil apparaît comme très hétérogène (figure 4.15). Elles ne sont pas non plus particulièrement sur- ou sous-représentées dans les différents types de profils (voir annexe 5.5). Nous pouvons néanmoins dégager quelques tendances. Nous le mentionnions précédemment, les femmes de nationalité suisse (N=10) sont un peu moins nombreuses que les femmes de nationalité étrangère (N=13). Toutes les femmes de nationalité suisse ont obtenu leur doctorat en Suisse et les trois quarts des femmes de nationalité étrangère ont obtenu leur doctorat dans leur pays d'origine. Ni le pays du doctorat, ni le fait d'avoir effectué un passage par les Etats-Unis, ni le fait d'avoir occupé un poste dans une institution d'élite n'a de conséquence sur le type de fonction exercée (professeure ordinaire ou extraordinaire). Par contre, comme nous le développerons plus loin, une très grande proportion des femmes professeurs (20 femmes sur 25) ont effectué leur carrière académique en Suisse, quelle que soit leur nationalité. Afin d'illustrer les diverses configurations de capitaux des femmes professeurs, nous revenons dans

¹⁵⁰ Comme certaines modalités utilisées pour mesurer les capitaux des professeurs se basent sur des indicateurs de carrières (pays du doctorat, occupation de positions dans des institutions à l'étranger, lieu et durée du séjour postdoctoral), cette partie sur les profils intègre partiellement la dimension des carrières. Celle-ci sera encore davantage développée par la suite dans la partie 3.2.3 en termes de durée et de succession des états.

cette partie sur quelques cas situés en bordure de l'espace et qui, en raison de cette position, constituent des cas atypiques.

Figure 4.15 Positions occupées par les professeurs dans le nuage des individus



Karin Molling, professeure ordinaire de virologie à l'Université de Zurich (1993-2008), et Annette Draeger, professeure ordinaire de biologie cellulaire à l'Université de Berne depuis 1999, sont des exemples de conversion réussie de capitaux scientifique et international en poste de professeure ordinaire en Suisse. Molling est née en Allemagne en 1943. Elle a obtenu un doctorat en biochimie à l'Institut Max-Planck de Tübingen en 1972, suivi d'une thèse d'habilitation en biophysique à l'Université de Tübingen en 1977. Après avoir occupé la fonction de group leader à l'Institut Max-Planck pour la génétique moléculaire à Berlin jusqu'en 1993 en parallèle d'une activité d'enseignement à l'Université de Giessen, elle est nommée professeure ordinaire de virologie à l'Université de Zurich. Il s'agit donc d'un exemple typique d'obtention d'une stabilisation en Suisse directement à la plus haute fonction de la hiérarchie académique qui constitue la définition du profil des *scientifiques importés*, très minoritaire parmi les femmes professeures. Draeger présente un profil très similaire. Après avoir obtenu un doctorat en médecine à l'Université de Marburg (Allemagne) en 1984, elle effectue plusieurs séjours postdoctoraux notamment au MRC Laboratory of Molecular Biology à Cambridge (Royaume-Uni), à l'Université de Munich ainsi qu'à l'Académie autrichienne des sciences à Salzbourg. Elle obtient ensuite une thèse d'habilitation à l'Université de Berne en 1995 et, après deux ans en tant que privat-docent, elle est nommée professeure ordinaire de biologie cellulaire dans la même université.

Ces deux cas sont plutôt rares chez les femmes professeures. A l'opposé, mentionnons quatre exemples qui partagent des positions similaires dans l'est de l'espace. Il s'agit des cas de Heidi Fritz-Niggli, de Verena Niggli-Sigel, de Rose-Marie Hofer et de Doris Rast.

Fritz-Niggli est née en 1921 à Zurich. Elle est la fille de Paul Niggli, professeur de minéralogie à l'EPFZ et à l'Université de Zurich (1920-1953), président de l'EPFZ (1928-1931), recteur de l'Université de

Zurich (1940-1942) et membre du Conseil national de la recherche du FNS lors de sa fondation (1952-1953). Elle est aussi la sœur cadette d'Ernst Niggli-Stoffel, professeur de minéralogie à l'Université de Berne (1955-1986), président de l'ASSN (1977-1982) et membre du FNS (1977-1986). Après l'obtention d'un doctorat en médecine en 1946, puis d'une habilitation en 1952 à l'Université de Zurich, elle gravit successivement les échelons de la hiérarchie des postes académiques en étant d'abord nommée privat-docent en 1952, puis professeure titulaire en 1958. Elle devient ensuite la première professeure extraordinaire de la faculté de médecine de l'Université de Zurich en 1963 et la première professeure ordinaire de radiobiologie en 1970. Juste après son doctorat en 1946, elle fonde la Société suisse de radiobiologie (dont elle sera présidente jusqu'en 1968) et est la première femme membre du Conseil suisse de la science (CSSI, en 1969). Verena Niggli-Sigel, quant à elle, est la fille d'Ernst Niggli-Stoffel et la nièce de Heidi Fritz-Niggli. Née en 1948, elle obtient un doctorat à l'Université de Berne en 1978 et une habilitation en biochimie dans la même institution en 1991. Comme sa tante, elle gravit progressivement les échelons des positions académiques : d'abord assistante à l'Université de Bâle, puis privat-docent à l'Université de Berne et, à partir de 1996, professeure extraordinaire de biochimie dans la même institution.

Née en 1938 dans le canton de Vaud, Rose-Marie Hofer obtient un doctorat à l'Université de Lausanne en 1970 et effectue l'entier de sa carrière dans l'institution, d'abord comme maître assistante (1970-1972), puis comme professeure assistante (1972-1980) et comme professeure associée de biologie et physiologie végétale (1980-1999). Fille de Gottfried Hofer, fromager, son origine sociale et son parcours emblématique de la carrière locale contrastent avec les cas cités précédemment. Le cas de Doris Rast est assez similaire. Née à Lucerne en 1930, elle effectue l'entier de sa carrière à l'Université de Zurich : après l'obtention d'un doctorat en 1967, elle est d'abord nommée professeure assistante en 1969, puis professeure extraordinaire en 1973, et professeure ordinaire de botanique en 1982.

En haut de l'espace, on retrouve Heidi Diggelmann et Martine Rahier, les deux femmes qui concentrent le plus de capitaux scientifique et institutionnel. Diggelmann, née à Berne en 1936, obtient un doctorat à l'Université de Berne en 1964, puis rejoint l'Institut suisse de recherche expérimentale sur le cancer (ISREC) à Lausanne après avoir été assistante de recherche à l'Université de Zurich. Elle exerce la fonction de professeure associée (1983-1990) puis ordinaire (1991-2001) à la faculté de médecine de l'Université de Lausanne. Durant sa carrière, elle occupe plusieurs postes institutionnels, notamment comme membre du Conseil suisse de la science (1997-1999), membre puis vice-présidente du Conseil des Ecoles polytechniques fédérales (CEPF) et présidente du Conseil national de la recherche du FNS (1997-2004). Elle n'a par contre jamais occupé de fonction de doyenne ni de rectrice dans une université. Elle possède ainsi un fort capital institutionnel couplé à un capital scientifique particulièrement élevé, puisqu'elle a reçu plusieurs prix majeurs en Suisse, notamment le Prix Friedrich Miescher (1976), le Prix Cloetta (1984) et le Prix Otto Nægeli (1992).

Martine Rahier est née à Bruxelles en 1954. Contrairement à la trajectoire essentiellement locale de Diggelmann, celle de Rahier montre davantage une accumulation de capitaux scientifique, institutionnel et international au fur et à mesure de la carrière. Après un diplôme d'ingénieur agronome qu'elle obtient à Bruxelles en 1977, elle occupe la fonction de collaboratrice scientifique à l'Université de Cornell (USA), puis à l'Université de Californie à Berkeley. Elle obtient ensuite un doctorat à l'Université de Bâle en 1983, où elle occupe le poste de maître d'enseignement et de recherche pour, après une habilitation à l'Université de Zurich en 1993, être nommée professeure ordinaire d'écologie et entomologie à l'Université de Neuchâtel. Elle y occupe les fonctions de doyenne de la faculté des sciences (2003-2005) puis de rectrice de l'Université (2008-2016). En plus de ces positions exécutives, elle est membre du Comité central de l'ASSN (2007-2008) et du Conseil de fondation du FNS depuis 2012.

Encore davantage que Martine Rahier, Barbara Hohn représente la détention de capital scientifique acquis à l'international. Née en 1939 en Autriche, elle obtient un doctorat à l'Université de Tübingen en 1967, puis effectue deux séjours postdoctoraux dans des institutions d'élites, d'abord à l'Université de Yale, puis à l'Université de Stanford, puis un troisième à l'Université de Bâle. En 1978, elle est nommée chargée de cours au Friedrich Miescher Institute (FMI), privat-docent, puis professeure extraordinaire de biologie moléculaire des plantes à l'Université de Bâle (1996-2004). Durant sa carrière, elle a aussi occupé une fonction institutionnelle en tant que membre du Conseil national de la recherche du FNS, de 1991 à 1997.

Ces quelques exemples montrent deux aspects qui, potentiellement, permettent de pallier le plafond de verre. Premièrement, il existe une possibilité de convertir le capital international, bien qu'elle semble rare, comme dans les cas de Molling, de Draeger et de Hohn. Deuxièmement, un accès aux positions de pouvoir temporel peut favoriser une nomination au poste de professeure ordinaire, comme dans les cas de Diggelmann et de Rahier, bien que de tels cas restent également peu fréquents. Globalement, la très grande majorité des femmes, à l'exemple de Hofer et de Rast, présente des ressources scientifiques acquises localement au gré de l'occupation successive de différents postes et ne donnant pas nécessairement accès aux positions les plus élevées de la hiérarchie académique, ni aux distinctions les plus prestigieuses.

Enfin, nous proposons de terminer cette partie consacrée aux femmes professeures sur une dimension qui semble les caractériser spécifiquement : celle des commissions extra-parlementaires. En effet, les résultats d'une *class specific analysis (CSA)* menée sur le groupe des femmes professeures montrent que la reconnaissance de l'expertise scientifique au sein de la sphère administrative y joue un rôle particulièrement distinctif¹⁵¹. Alors que le premier axe d'opposition reste très similaire à celui de l'espace des professeurs (avec une corrélation de 0.92 et un taux modifié de 62.7%), le deuxième axe apparaît comme tout à fait spécifique (avec une corrélation de 0.05 et un taux modifié de 21.5%) en opposant, au nord de l'espace, le capital institutionnel (FNS et l'ASSN) et le capital scientifique (prix scientifiques) et, au sud, la participation aux commissions extra-parlementaires et les séjours postdoctoraux d'un à quatre ans au maximum à l'étranger. Deux aspects particulièrement intéressants ressortent de l'analyse des positions occupées par les femmes professeures. D'abord, il apparaît que les mandats en tant qu'experte pour la sphère administrative ne soient pas une ressource aisément convertible en position dominante. Ensuite, il s'avère que les courts séjours postdoctoraux à l'étranger, s'ils renforcent clairement le capital scientifique dans le cas des hommes, sont ici affiliés aux fractions dominées de l'espace, indiquant que ce type de mobilité a plutôt tendance à freiner les carrières des femmes professeures.

Nous proposons de poursuivre l'analyse des femmes professeures en nous focalisant spécifiquement sur la forme et la temporalité spécifique de leurs carrières dans la partie 3.2.3. Nous proposerons à ce moment-là une dimension plus interprétative des résultats que nous sommes en mesure de produire à partir du matériau empirique de la thèse, ainsi que sur quelques liens possibles avec la littérature portant sur la question du genre pour articuler quelques ouvertures.

2.5 Les espaces disciplinaires : grandes similarités et petites différences

La dernière partie consacrée à l'espace des professeurs se focalise sur les dynamiques de structuration propres à la biologie et à la chimie. Notre troisième question de recherche interroge en effet les

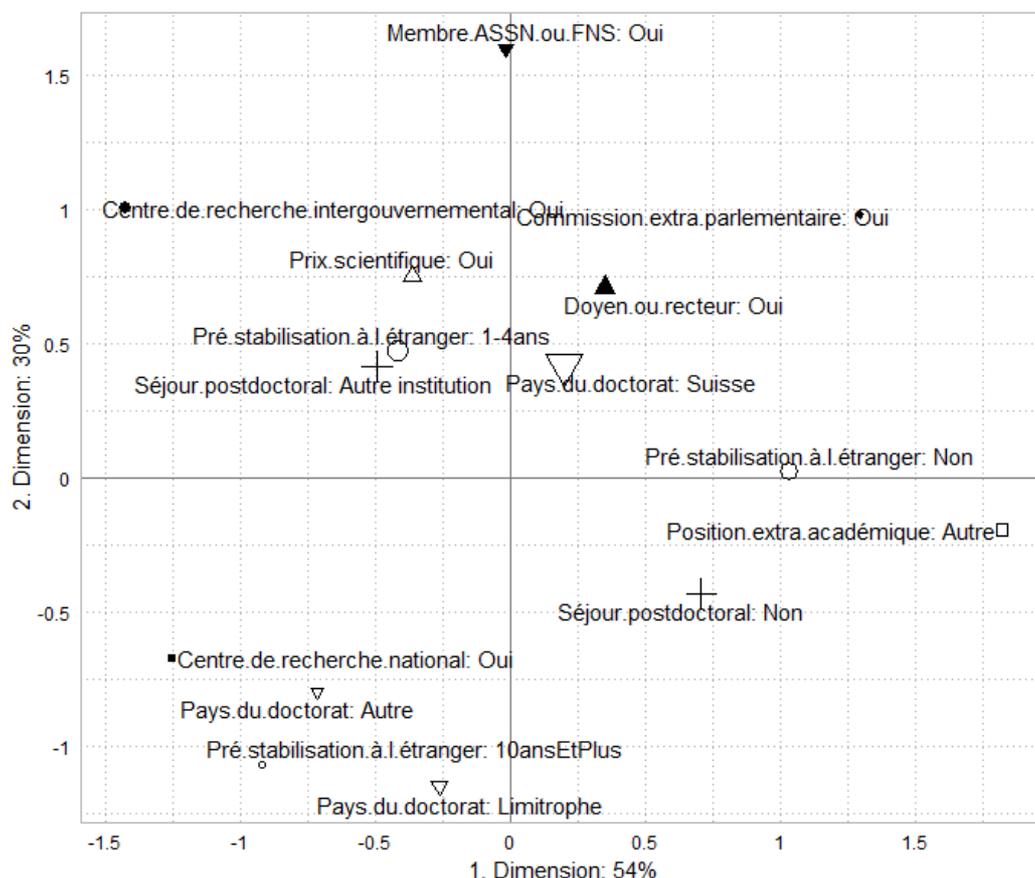
¹⁵¹ Les cinq professeures ayant siégé au sein de commissions extra-parlementaires sont : Fritz-Niggli, Etienne-Kfourri, Galland-Vaucher, Kraemer-Bilbe et Stoeckli-Evans.

ancrages disciplinaires des logiques de distinction entre les professeurs (**Q3**). Dans la partie précédente, nous avons pu montrer que certaines sous-disciplines étaient davantage représentatives du pôle autonome (la biologie II, la biochimie et les sciences naturelles médicales) et d'autres du pôle hétéronome (la biologie I et la chimie industrielle et analytique). Dans cette partie, nous menons à nouveau une CSA pour dégager les structures d'opposition qui sont spécifiques aux sous-ensembles des professeurs de biologie et de chimie. Cette analyse nous permettra, en comparant les résultats pour les deux disciplines avec l'ACM globale, de distinguer les logiques propres aux disciplines de celles qui reflètent plus globalement celles de l'espace total. La première CSA a été menée sur l'ensemble des professeurs de biologie (N=393) et la seconde sur l'ensemble des professeurs de chimie (N=249). Elles nous serviront à tester l'hypothèse selon laquelle les ressources acquises hors de la sphère académique sont davantage valorisées en chimie qu'en biologie et que les positions occupées par les professeurs de biologie suivent davantage une logique de distinction basée sur le capital scientifique et international que celles occupées par les professeurs de chimie, pour lesquels le capital extra-académique pourrait être plus important.

2.5.1 L'espace des professeurs de biologie

L'espace des professeurs de biologie comprend N=393 professeurs dont 45 en 1957, 172 en 1980 et 176 en 2000. Il regroupe 94 professeurs de biologie I, 138 professeurs de biologie II, 88 professeurs de biochimie et 73 professeurs de sciences naturelles médicales en biologie. Tout comme pour l'ACM globale, la CSA pour les professeurs de biologie comporte deux axes principaux, dont les taux modifiés cumulés atteignent 85.5% (54.5% pour le premier axe et 30.5% pour le deuxième axe). La figure 4.16 présente le nuage des modalités de la CSA pour les professeurs de biologie et les contributions aux axes sont détaillées dans l'annexe 5.3.

Figure 4.16 CSA des professeurs de biologie : nuage des modalités actives (axes 1 et 2)



Encadré 4.3 Contributions des variables et modalités à la CSA des professeurs de biologie

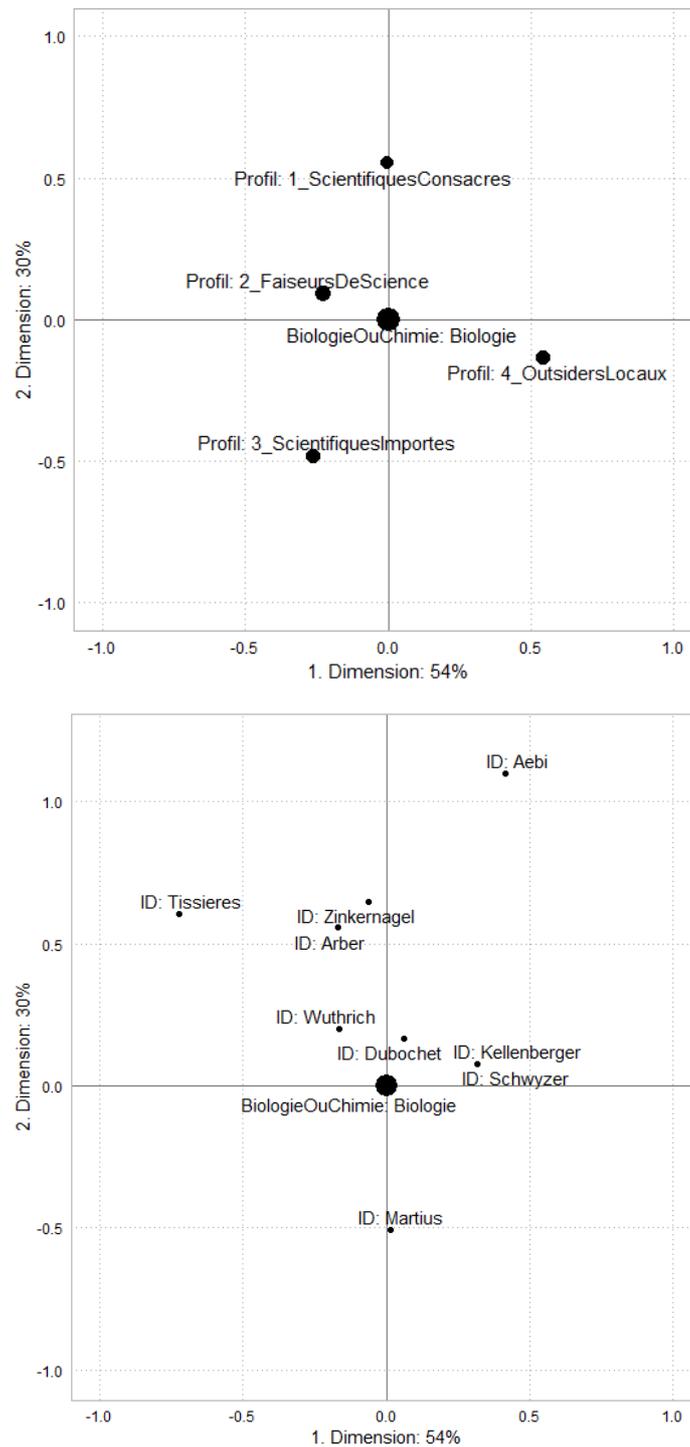
Les **quatre** variables qui contribuent au-dessus de la moyenne à la variance de l'**axe 1** ($100/11=9.09$) pour un total de 73.5% sont les suivantes : Durée de la carrière à l'étranger avant stabilisation (25.2%), Position extra-académique (18.6%), Institution du séjour postdoctoral (17.2%) et Position dans un centre de recherche intergouvernemental ou indépendant (12.5%). **Huit** modalités contribuent au-dessus de la moyenne à la variance de l'**axe 1** ($100/27=3.7$) pour un total de 76.4%. A gauche de l'axe : Position dans un centre de recherche national : Oui (11%), Position dans un centre de recherche intergouvernemental ou indépendant (7.3%), Durée de la pré-stabilisation à l'étranger : 10 ans et plus (4.2%) et Institution du séjour postdoctoral : Autre institution (4.1%). A droite de l'axe : Position extra-académique : Autre (16.4%), Durée de la pré-stabilisation à l'étranger : Non (16.2%), Institution du séjour postdoctoral : Non (9.8%) et Commission extra-parlementaire : Oui (7.4%). Les **quatre** variables qui contribuent au-dessus de la moyenne à la variance de l'**axe 2** à hauteur de 66% sont : Pays du doctorat (22.4%), Membre de l'ASSN ou du FNS (21.3%), Durée de la carrière à l'étranger avant stabilisation (12.8%) et Doyen ou recteur (9.5%). **Onze** modalités contribuent au-dessus de la moyenne à la variance de l'**axe 2** pour un total de 80.6%. Au nord de l'axe : Membre de l'ASSN ou du FNS (18.4%), Doyen ou recteur (7%), Pays du doctorat : Suisse (6.5%), Prix scientifique (6.3%), Position dans un centre de recherche intergouvernemental ou indépendant (6.2%), Commission extra-parlementaire : Oui (4.9%) et Durée de la pré-stabilisation à l'étranger : 1-4 ans (4.6%). Au sud de l'axe : Pays du doctorat : Limitrophe (11.4%), Durée de la pré-stabilisation à l'étranger : 10 ans et plus (6.6%), Pays du doctorat : Autre (4.5%) et Institution du séjour postdoctoral : Non (4.2%).

Le premier axe de la CSA des professeurs de biologie est un axe opposant, à gauche, un capital de type scientifique lié à la carrière à l'étranger surtout lors de séjours postdoctoraux dans des institutions d'élites et, à droite, un capital de type extra-académique mesuré par l'activité professionnelle dans des laboratoires cantonaux et fédéraux ainsi que par les commissions extra-parlementaires. C'est donc un axe de structure du capital spécifique entre dominante scientifique et internationale et dominante extra-académique. On distingue, à gauche, le pôle *autonome* de la discipline et, à droite, son pôle *hétéronome*. Ce premier axe est donc très semblable à l'axe 1 de l'ACM de l'espace global et, mis à part l'absence d'effet des fonctions de recteur et de doyen sur la formation de l'axe, il en reflète la même logique de structure. On note cependant une différence en ce que le capital extra-académique issu de l'activité professionnelle dans des laboratoires cantonaux ou nationaux s'oppose au capital scientifique, alors que ce n'est pas explicitement le cas pour l'espace global. Cet aspect est intéressant car il montre que, comme la chimie, la biologie est aussi une discipline pour laquelle l'expérience extra-académique joue un rôle important, ici en distinguant les professeurs les plus « scientifiques » des moins scientifiques en étant associés au localisme et à l'expertise auprès des autorités politiques.

Le deuxième axe est un axe de volume de capital spécifique avec, au nord, les professeurs concentrant le pouvoir scientifique et le pouvoir temporel et, au sud, les professeurs locaux ou fortement internationalisés. Comme le premier axe, le deuxième reflète les mêmes logiques de structuration que l'ACM. L'espace des professeurs de biologie apparaît comme similaire à l'espace de l'ensemble des professeurs, et les quatre types de profils illustrant les quatre grandes configurations de capitaux sont situés dans les mêmes fractions, comme montré dans la figure ci-dessous¹⁵².

¹⁵² Il s'agit des quatre classes issues du clustering présenté dans la partie précédente et non d'un nouveau calcul.

Figure 4.17 Projection des quatre profils et de quelques figures dans l'espace de la biologie



La projection de la typologie des profils dans l'espace de la biologie montre que la distinction entre les professeurs s'effectue de manière très proche de celle dans l'espace global. Trois profils se différencient peu en termes de composition de capital (axe 1) mais se distinguent clairement en termes de volume global de capital (axe 2). En haut, les *scientifiques consacrés* occupent une position nettement dominante en termes de cumul des ressources scientifiques et institutionnelles. Ils se distinguent des *faiseurs de science* moins dotés en capitaux et surtout des scientifiques importés, en bas, qui possèdent un fort capital international mais peu de capital scientifique et pas de capital institutionnel. Les *outsiders locaux* demeurent ceux qui, à droite de l'espace, sont caractérisés par un

faible niveau général de capital spécifique, un localisme important et d'importantes ressources extra-académiques.

A titre d'exemple, la figure 4.17 montre la position des neuf professeurs de biologie auxquels nous avons pu faire référence jusqu'ici. Les deux premiers professeurs de biochimie en Suisse, Hugo Aebi à l'Université de Berne et Carl Martius à l'EPFZ, sont un scientifique consacré et un scientifique importé. Les deux premiers professeurs de biologie moléculaire, Alfred Tissières à Genève et Robert Schwyzer à Zurich, sont un scientifique consacré et un outsider local. Edouard Kellenberger, considéré comme le pionnier de la biologie moléculaire à Genève et qui sera aussi l'un des fondateurs de l'*European Molecular Biology Organisation* (EMBO) et du *Biozentrum* à Bâle est également un outsider local. Son collègue à Genève Werner Arber, Prix Nobel en 1978, est quant à lui un scientifique consacré. Les autres lauréats cités dans cette thèse sont deux faiseurs de science (Jacques Dubochet et Kurt Wüthrich) et un scientifique consacré (Rolf Zinkernagel).

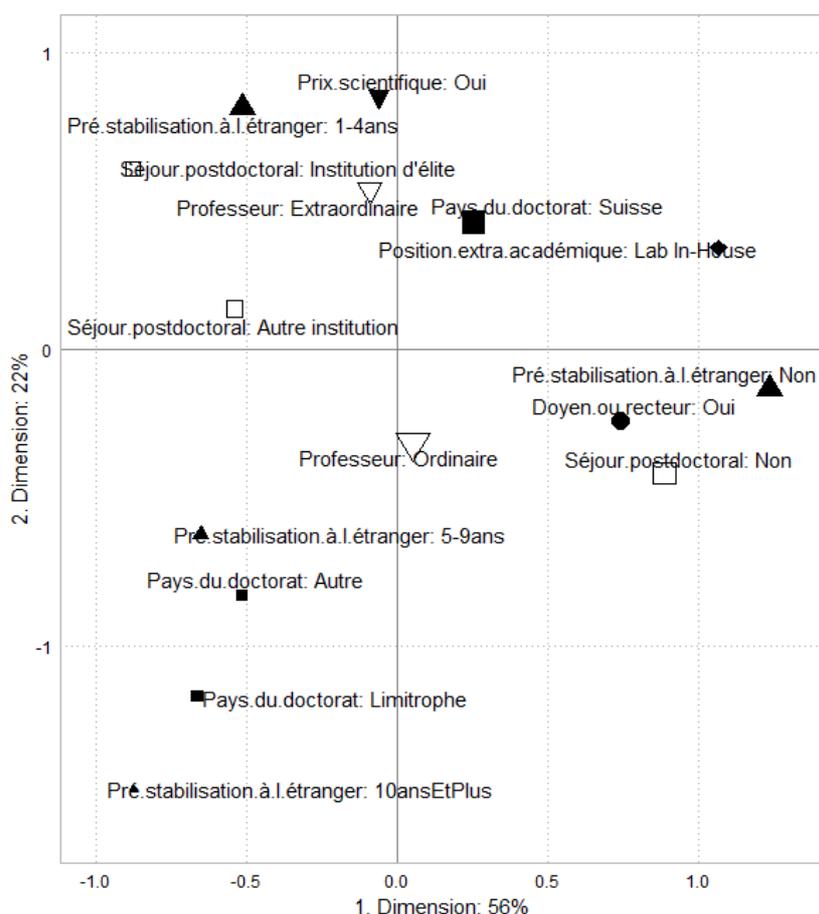
Les dynamiques qui structurent l'espace des professeurs de biologie sont ainsi très similaires à celles de l'espace global, ce qui peut s'expliquer par leur effectif élevé en comparaison des professeurs de chimie qui sont moins nombreux (38.8% de l'ensemble des professeurs). Ainsi, la logique spécifique aux professeurs de biologie est basée sur une première opposition en termes de structure du capital et une seconde en termes de volume global de capital, quasiment formées des mêmes modalités contributives à la formation des deux axes que pour l'espace global. Par contre, elle se différencie de celle des professeurs de chimie, dont nous présentons maintenant les résultats de la CSA.

2.5.2 L'espace des professeurs de chimie

L'espace des professeurs de chimie comprend N=249 professeurs dont 52 en 1957, 109 en 1980 et 88 en 2000. Il compte 87 professeurs de chimie organique, 138 professeurs de chimie inorganique et physique, 35 professeurs de chimie industrielle et analytique et 14 professeurs de sciences naturelles médicales en chimie. Contrairement à l'espace des professeurs de biologie, il fait plus sens de retenir trois axes principaux pour la chimie. Les taux modifiés sont de 55.8% pour le premier axe, de 22.54% pour le deuxième et de 9.4% pour le troisième, pour un total de 87.6%. La figure 4.18 présente le nuage des modalités de la CSA pour les professeurs de biologie¹⁵³.

¹⁵³ Les contributions aux axes sont détaillées dans l'annexe 5.4.

Figure 4.18 CSA des professeurs de chimie : nuage des modalités actives (axes 1 et 2)



Encadré 4.4 Contributions des variables et des modalités à la CSA des professeurs de chimie

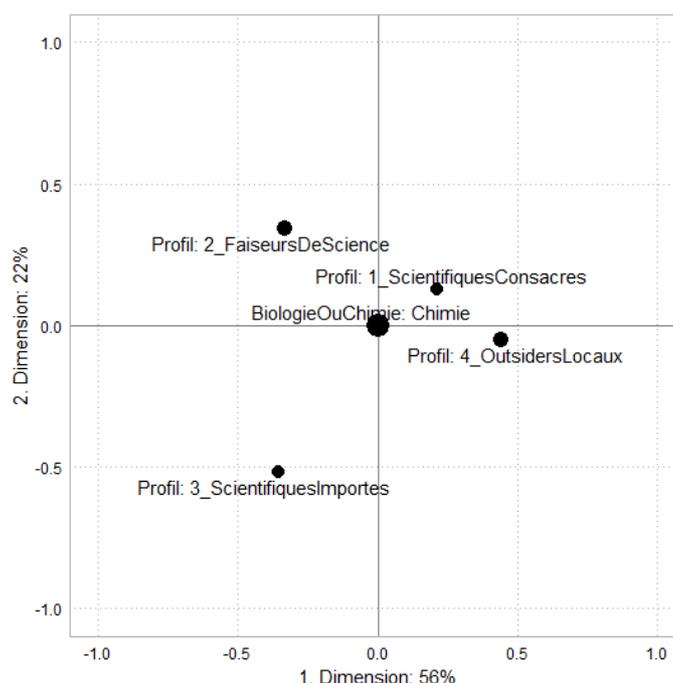
Les **trois** variables qui contribuent au-dessus de la moyenne à la variance de l'**axe 1** ($100/11=9.09$) pour un total de 76.9% sont les suivantes : Durée de la carrière à l'étranger avant stabilisation (37.6%), Institution du séjour postdoctoral (29.7%) et Doyen ou recteur (9.6%). **Huit** modalités contribuent au-dessus de la moyenne à la variance de l'**axe 1** ($100/27=3.7$) pour un total de 77.7%. A gauche de l'axe : Institution du séjour postdoctoral : Institution d'élite (8%), Institution du séjour postdoctoral : Autre institution (5.1%), Durée de la pré-stabilisation à l'étranger : 1-4 ans (5%) et Durée de la pré-stabilisation à l'étranger : 10 ans et plus (4.1%). A droite de l'axe : Durée de la pré-stabilisation à l'étranger : Non (24.8%), Institution du séjour postdoctoral : Non (16.6%), Doyen ou recteur : Oui (7.1%), Position extra-académique : In-house (7%). Les **cinq** variables qui contribuent au-dessus de la moyenne à la variance de l'**axe 2** à hauteur de 93.3% sont : Durée de la carrière à l'étranger avant stabilisation (34.8%), Pays du doctorat (27.1%), Prix scientifique (11.8%), Position maximale atteinte (10.3%) et Institution du séjour postdoctoral (9.9%). **Onze** modalités contribuent au-dessus de la moyenne à la variance de l'**axe 2** pour un total de 80.7%. Au nord de l'axe : Durée de la pré-stabilisation à l'étranger : 1-4 ans (15.7%), Prix scientifique : Oui (9.3%), Pays du doctorat : Suisse (7.9%), Position maximale atteinte : Professeur extraordinaire (6.5%) et Institution du séjour postdoctoral : Institution d'élite (4.9%). Au sud de l'axe : Durée de la pré-stabilisation à l'étranger : 10 ans et plus (14.6%), Pays du doctorat : Limitrophe (13.6%), Pays du doctorat : Autre (5.6%), Institution du séjour postdoctoral : Non (4.6%), Durée de la pré-stabilisation à l'étranger : 5-9 ans (4.2%) et Position maximale atteinte : Professeur ordinaire (3.8%). Les **trois** variables qui contribuent au-dessus de la moyenne à l'**axe 3** pour un total de 78.7% sont les suivantes : Position extra-académique (53.6%), Doyen ou recteur (15.6%) et Prix scientifique (9.5%). **Sept** modalités contribuent au-dessus de la moyenne à la variance de l'**axe 3** pour un total de 87.5%. D'un côté : Doyen ou recteur : Oui (11.5%), Position extra-académique : Non (8.2%), Prix scientifique : Oui (7.5%) et Membre de l'ASSN ou du FNS : Oui (7.3%). De l'autre : Position extra-académique : In-house (45.2%), Doyen ou recteur : Non (4.1%) et Pays du doctorat : Autre (3.7%).

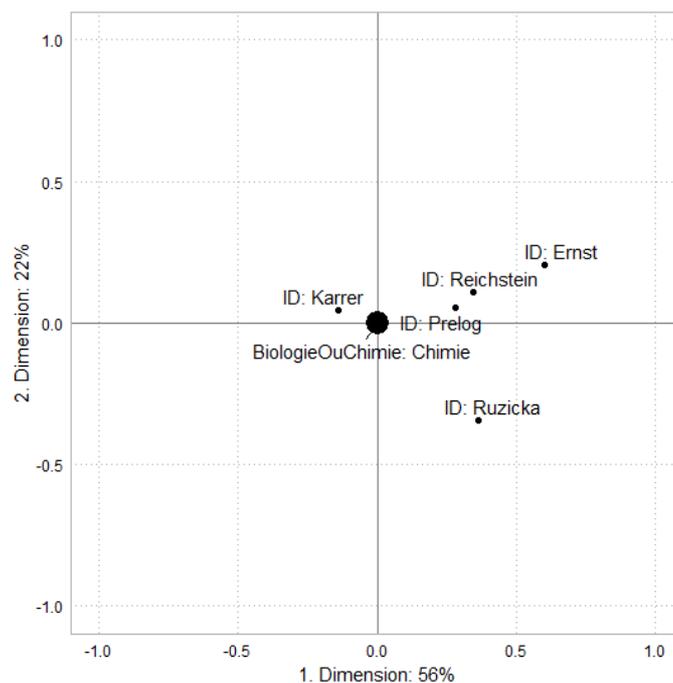
Le premier axe est un axe de structure du capital qui oppose le capital scientifique international acquis par les positions occupées durant le séjour postdoctoral et la période de pré-stabilisation au capital institutionnel et extra-académique mesuré par l'occupation professionnelle dans des laboratoires de recherche au sein d'entreprises privées. On retrouve, à gauche, le pôle *autonome* de la discipline qui est aussi le plus internationalisé du point de vue des carrières et, à droite, le pôle *hétéronome* qui est le plus local et le plus marqué par l'importation de ressources acquises hors du champ académique. Ce qui distingue en premier lieu les professeurs de chimie est donc le fait d'avoir effectué un séjour postdoctoral dans n'importe quel type d'institution et pour une courte durée, d'un à quatre ans, ou longue, de dix ans, du fait d'avoir effectué une carrière entièrement locale, en particulier au sein des divisions de recherche des firmes privées qui s'accorde avec l'occupation de fonctions exécutives au sein des institutions académiques. Dans le cas de la chimie, les postes de recteur et de doyen sont donc proches des pouvoirs extra-académiques et s'opposent au capital scientifique international, alors que pour la biologie, cette variable n'est pas structurante de ce premier axe de structure du capital et s'accorde plus facilement avec la détention de capital scientifique.

Le deuxième axe est un axe de volume de capital scientifique et non pas de volume global de capital. Au nord de l'axe, on trouve les professeurs récompensés par des prix scientifiques, ayant effectué leur doctorat en Suisse et un séjour postdoctoral de courte durée dans une institution d'élite. Dans l'espace de la chimie, les professeurs possédant le plus de pouvoir symbolique basé sur le capital scientifique sont des professeurs extraordinaires. Au sud de l'axe, on retrouve les professeurs les plus internationalisés du point de vue du lieu du doctorat et de la durée de la période de pré-stabilisation qui sont aussi les professeurs ordinaires. Les variables des deux types de capital institutionnel, qui contribuaient significativement à la formation de ce deuxième axe de volume global de capital pour la biologie, ne sont pas distinguantes pour les professeurs de chimie sur ce deuxième axe.

Enfin, c'est le troisième axe qui peut être interprété comme un axe de volume global de capital spécifique de l'espace (capital scientifique et capital institutionnel) en opposant les professeurs ayant effectué l'entier de leur carrière dans la sphère académique et qui occupent à la fois des positions de pouvoir temporel au sein des universités et des organisations de promotion et de financement de la recherche et qui sont récompensés par des prix scientifiques, et les professeurs ayant occupé des postes dans des laboratoires de firmes privées. Les quatre profils de professeurs se distribuent d'une manière un peu différente par rapport à l'espace global et l'espace de la biologie (figure 4.19).

Figure 4.19 Projection des quatre profils et de quelques figures dans l'espace de la chimie





Chez les chimistes, le profil représentant les positions dominantes de l'espace est davantage celui du *faiseur de science* que celui du *scientifique consacré* qui se situe dans la fraction nord-est de l'espace, caractérisée par un cumul des ressources extra-académiques et temporelles mais pas des ressources scientifiques. Les pouvoirs institutionnels se situent ainsi plus près du pôle hétéronome de la discipline et l'on constate qu'en chimie, les scientifiques consacrés ne sont pas si différents des outsiders locaux justement caractérisés par un fort volume de capital extra-académique. Les *scientifiques importés* se retrouvent dans la même fraction de l'espace que dans celui de la biologie et donc de l'espace global des professeurs, ce qui indique que, quelle que soit la discipline, les professeurs au bénéfice d'une expérience internationale se distinguent de manière similaire dans l'espace. Aucun des professeurs de chimie cités dans cette thèse n'est représentant de ce type. Par contre, on compte deux scientifiques consacrés (les Prix Nobel Paul Karrer et Vladimir Prelog) et trois *outsiders locaux* (Leopold Ruzicka, Tadeusz Reichstein et Richard Ernst). Contrairement aux biologistes, on retrouve des Prix Nobel parmi ce dernier groupe dont les trois représentants ont eu des liens avec l'industrie¹⁵⁴. Ernst a travaillé comme collaborateur aux laboratoires Varian Associates à Palto Alto en Californie (USA) et Ruzicka comme Reichstein ont effectué l'entier de leur carrière en Suisse en entretenant des liens forts avec les industries qui finançaient leurs recherches.

En résumé, on peut dire que la biologie et la chimie fonctionnent globalement sur des logiques similaires, mais qu'elles ont aussi leurs particularités. Le premier axe de l'ACM reflétant le degré d'autonomie de l'espace reste la première opposition pour les deux disciplines. Dans les deux cas, le pôle *autonome* est d'abord défini par un volume important de capital scientifique alors que le pôle *hétéronome* est plus local et extra-académique. Ce premier axe est très fortement lié aux changements du champ scientifique et du renforcement global des logiques autonomes liées à la montée en importance des logiques d'internationalisation du champ scientifique. Par contre, le deuxième axe ne reflète pas tout à fait la même logique d'opposition pour les deux disciplines et peut être interprété comme un axe de volume global de capital pour la biologie et comme un axe de volume de capital scientifique pour la chimie. En comparant les coefficients d'association entre les axes des deux CSA et

¹⁵⁴ L'illustration de ces cas d'*outsiders locaux* qui sont lauréats du Prix Nobel renforce le constat du choix malheureux du terme employé pour désigner le cluster. Il ferait plus sens de parler de professeurs *locaux* et *diversifiés* pour rendre compte de la possibilité, en chimie, de convertir des ressources extra-académiques en prestige scientifique.

ceux de l'ACM, nous pouvons conclure cette partie sur un résumé des ressemblances et des dissemblances dans les structures des disciplines et de l'espace global des professeurs.

Tableau 4.5 Coefficients d'association entre les axes des CSA et de l'ACM

	MCA				MCA		
	Axis1	Axis2	Axis3		Axis1	Axis2	Axis3
Biologie				Chimie			
Axis1	0.93	-0.26	0.09	Axis1	0.96	-0.08	0.16
CSA Axis2	0.26	0.94	0.16	CSA Axis2	0.16	0.79	-0.62
Axis3	-0.03	-0.07	0.92	Axis3	-0.08	-0.37	-0.51

Le premier axe des deux CSA est fortement corrélé à l'axe principal de l'ACM (0.93 pour la biologie et 0.96 pour la chimie). De manière générale, cela signifie que la logique fondamentale d'opposition est basée sur l'existence d'un pôle *autonome* proche des pouvoirs scientifiques qui se distingue d'un pôle *hétéronome* et plus local. En ce sens, l'espace des professeurs est fortement analogue au champ académique décrit par Bourdieu (1984a). De plus, on note que le capital international est fortement lié au capital scientifique et renforce cette distinction. De l'autre côté, le capital extra-académique est davantage lié au pouvoir temporel ainsi qu'à un certain localisme des carrières. Une observation importante sur ce point est que l'on retrouve des professeurs ayant un parcours extra-académique pour la chimie mais aussi pour la biologie, alors que cette dernière est souvent décrite comme davantage académique dans la littérature (Gros 1993, Morange 2016, Bürgi & Strasser 2010). En effet, si le fait d'avoir occupé une fonction dans un laboratoire d'une firme privée joue un rôle déterminant dans la structure d'opposition de l'espace des professeurs de chimie, c'est aussi le cas pour les professeurs de biologie pour lesquels c'est plutôt le parcours professionnel dans des laboratoires cantonaux ou fédéraux qui est structurant. Dans les deux cas, le capital extra-académique joue le même rôle dans la distinction des positions en s'opposant aux logiques du pôle autonome des espaces. Par contre, si ces positions sont compatibles avec la détention de capital institutionnel pour les professeurs de chimie, elles ne le sont pas pour les professeurs de biologie.

Le deuxième axe, par contre, montre des différences entre la biologie et la chimie. L'axe 2 de la CSA pour la biologie est fortement corrélé à l'axe 2 de l'ACM (0.94), ce qui est un peu moins le cas pour la chimie, même si le coefficient de 0.79 reste assez fort. Dans le cas de la biologie, il montre une structure liée au volume de capital spécifique combinant le prestige scientifique et l'occupation de positions institutionnelles, tous types confondus. Dans le cas de la chimie, le deuxième axe est uniquement structuré par des modalités relatives au capital scientifique, alors que c'est le troisième axe qui reflète la logique de structure liée au volume global de capital. C'est cette distinction qui fait que dans le domaine de la chimie, ce sont les professeurs extraordinaires du type *faiseur de science* qui occupent les positions dominantes, alors que pour la biologie comme dans l'espace des professeurs, c'est la figure du *scientifique consacré* qui est celle qui cumule le plus de capital spécifique.

2.6 L'ancrage des particularités disciplinaires dans la structures de l'espace des professeurs

En conclusion de cette partie, nous revenons sur les trois questions de recherche qui ont été adressées en début de chapitre. Notre **première question de recherche** questionnait la hiérarchie des positions au sein de l'espace global formé de l'ensemble des professeurs (N=642) au regard de la distribution des capitaux changeante dans le temps (**Q1**). Notre analyse va plutôt dans le sens d'une *autonomisation* de l'espace mesurée par la prise d'importance du capital scientifique et du capital international dans la période récente. Ainsi, il semble que l'intégration de logiques plus managériales,

voire entrepreneuriales, dans le gouvernement des institutions académiques et leur plus grande perméabilité à des intérêts exogènes soulignées par la littérature (Musselin 2005, 2008 et 2009, Enders 2004, Paradeise 2011) s'accompagnent non pas d'un retrait des logiques de distinction basées sur le capital scientifique, mais de leur renforcement. Notre stratégie n'inclut pas d'indicateur permettant de mesurer l'ampleur du mouvement de *commercialisation* de la recherche, comme par exemple la détention de brevets ou la participation des professeurs à des start-up, et il n'est pas possible d'évaluer ici dans quelle mesure le renforcement des critères scientifiques s'accompagne aussi de ce type de « nouvelles » pratiques. Nous reviendrons sur cet enjeu dans le chapitre 6 qui sera plus spécifiquement dédié aux transformations récentes des institutions académiques autour du modèle de l'université entrepreneuriale (Clark 1998) et de la figure du chercheur entrepreneur (Gaudillière 2015, Owen-Smith & Powell 2004).

Ce qui ressort de l'analyse de l'espace des professeurs, c'est un retrait dans la période récente des deux profils les plus diversifiés. D'une part, la figure du *scientifique consacré* qui cumule à la fois un fort volume de capital scientifique et de capital institutionnel et, d'autre part, celle de l'*outsider local*, qui comprend les professeurs les mieux dotés en ressources extra-académiques mesurées par les positions professionnelles occupées en dehors du champ académique, et qui deviennent minoritaires en 2000 alors qu'elles étaient dominantes en 1957 et 1980. Par contre, on constate une prise d'importance des figures du *faiseur de science* et du *scientifique importé*, les mieux dotés en ressources scientifiques et internationales. Ainsi, l'internationalisation du champ scientifique (Gingras 2002, Goastellec & Pekari 2013) semble favoriser une dévalorisation des ressources scientifiques acquises au niveau local ainsi que de l'expérience professionnelle dans des laboratoires de firmes privées et gouvernementaux. Cette dynamique touche cependant les disciplines de manière différenciée, puisque les professeurs de chimie industrielle et de biologie I sont largement surreprésentés du côté des *outsiders locaux*, justement caractérisés par la détention de ressources extra-académiques.

Dans un espace des professeurs de biologie et de chimie qui apparaît comme *homologue* au champ académique décrit par Bourdieu (1984a) dans le sens où l'axe principal d'opposition est structuré par la distribution du capital scientifique et du capital institutionnel, l'importance croissante donnée aux ressources scientifiques face aux ressources institutionnelles et extra-académiques reflète manifestement un mouvement d'*autonomisation* du champ. Nous y reviendrons dans la conclusion générale du chapitre, ces résultats permettent de mettre en perspective l'intérêt de la notion d'autonomie relative (Bourdieu 2001, Gingras & Gemme 2006) pour comprendre le mouvement parallèle de *managérialisation* des universités (Enders 2004, Musselin 2009, Paradeise 2011, Bonneuil & Joly 2013,) et du renforcement de l'évaluation de la production scientifique sur des critères propres au champ scientifique (Gingras 2014). Dans la fin du xx^e siècle, il apparaît clairement que l'élite académique, c'est-à-dire les individus qui concentrent la reconnaissance scientifique (Gingras 2013) et qui décident des conditions de reproduction du pouvoir scientifique (Bourdieu 2001), est située dans la fraction la plus autonome de l'espace, alors que jusque dans les années 1980, cette dernière était plus diversifiée et pouvait plus facilement accueillir des professeurs possédant des ressources de pouvoir temporel et extra-académique.

Une différence entre l'espace des professeurs de biologie et de chimie et le champ académique décrit par Bourdieu (1984a) est que le capital institutionnel se distingue en deux types, les fonctions de membre de l'ASSN et du FNS étant davantage reliées à la détention de capital scientifique que celles de recteur et de doyen qui semblent plutôt s'y opposer. Notre **deuxième question de recherche** était directement adressée à cette distinction entre deux types de capital institutionnel (**Q2**). Si l'on se concentre sur la structure de l'espace, les fonctions de recteur et de doyen sont contributives de la formation de l'axe de structure du capital (axe 1) et s'opposent à la détention de capital scientifique.

Les fonctions de membres de l'ASSN et du FNS sont par contre associées à la formation de l'axe de volume global de capital (axe 2) et sont associées notamment à la détention de prix scientifiques et au fait d'avoir effectué un séjour postdoctoral dans une institution d'élite, alors que les fonctions exécutives au sein des institutions académiques sont plutôt associées au localisme et aux fonctions d'expertise pour les autorités politiques. Par contre, nos résultats ne peuvent pas confirmer l'hypothèse d'une association claire entre la hiérarchie des disciplines et le type de capital institutionnel. Les professeurs de biologie II, la discipline la plus prestigieuse, sont associés au profil du *scientifique consacré* qui cumule les deux types de capital. Les professeurs de biologie I et de chimie industrielle et analytique, les moins prestigieuses, sont associés au profil de l'*outsider local* excluant le fait d'être membre de l'ASSN ou du FNS, mais pas les fonctions de recteurs ou de doyens. Ces résultats ne montrent cependant pas de distinction assez claire pour conclure sur un lien entre le statut de la discipline et le type de capital institutionnel.

Notre **troisième question de recherche** se focalisait sur les ancrages disciplinaires des structures d'opposition entre les professeurs (**Q3**). Premièrement, nous avons pu montrer que les sous-disciplines étaient hiérarchisées au sein de l'espace et que l'affirmation de la biologie moléculaire semblait se traduire par une certaine concentration des ressources légitimes de l'espace, ce qui corrobore la position dominante que lui accorde la littérature (Gingras 2012, Leresche et al. 2012, Morange 2016). Cependant, il apparaît que cet aspect concerne la biologie II dans son ensemble, c'est-à-dire toutes les spécialisations des échelles micro et moléculaire. La distinction marquée entre deux pôles en biologie apparaît comme conséquence du mouvement de *molécularisation* (Strasser 2006) de la discipline en reléguant les spécialisations dénuées du pouvoir de la *rationalité* (Gros 1993) dans les fractions dominées de l'espace des positions. Elle montre aussi que le processus d'annexion qui caractérise l'institutionnalisation de la biologie moléculaire (Gaudillière 1990) a dépassé les frontières de la discipline (Morange 2016). Les sous-disciplines de la chimie, quant à elles, apparaissent comme moins hiérarchisées que celles de la biologie. Cet aspect renvoie au constat d'une différence dans les principes de structuration interne des deux disciplines. Alors que les spécialisations sont en concurrence dans le champ de la biologie, les dynamiques de distinction dans le cas de la chimie ne semblent pas directement se refléter au niveau agrégé des sous-disciplines, mais plutôt au niveau individuel.

Ces différences se retrouvent dans nos analyses : les professeurs de biologie se distinguent en suivant une logique de volume global de capital, alors que les professeurs de chimie le sont sur des critères essentiellement reliés à la détention de capital scientifique. Le profil dominant en biologie est ainsi le *scientifique consacré*, alors qu'il s'agit plutôt du *faiseur de science* pour la chimie. Cette différence dans les logiques qui structurent les deux disciplines est illustrative de la distinction entre, d'une part, une biologie II plus « hégémonique » et, d'autre part, d'une chimie plus « œcuménique », c'est-à-dire davantage ancrée dans les logiques traditionnelles du champ scientifique. Nos résultats montrent aussi que les deux sous-ensembles des professeurs de biologie et de chimie montrent des similitudes, notamment dans la structure d'opposition de l'axe de structure du capital. Dans les deux cas, celui-ci oppose les ressources scientifiques et internationales aux ressources institutionnelles et extra-académiques, de manière très similaire à l'espace global. Cette dernière remarque est d'une importance toute particulière, parce qu'elle confirme que les transformations des disciplines, même lorsque l'on relève des différences dans leurs logiques de fonctionnement, restent ancrées dans l'inertie des principes de structuration des champs scientifique et académique (Bourdieu 1976, 1984a et 2001, Abbott 2001a).

3. La structure des carrières comme indicateur des hiérarchies scientifiques ?

L'importance relative des différents types de capitaux dans la distribution des positions des professeurs dans l'espace pose la question des modalités d'acquisition de ces ressources, et donc de la forme des carrières des professeurs. L'accès à la fonction de professeur ordinaire ou extraordinaire célèbre en général l'aboutissement de la carrière académique. En Suisse, le poste de professeur ordinaire est le plus élevé de la hiérarchie des positions académiques et définit l'appartenance au groupe des élites académiques détenant le plus de pouvoir en termes positionnels. Le poste de professeur extraordinaire et celui de professeur associé composent les échelons qui précèdent l'ordinariat et sont rattachés à un pouvoir symbolique plus faible. La forme que peuvent prendre les carrières académiques est dépendante des contextes nationaux et institutionnels (Musselin 2009). Nous l'avons montré précédemment, le champ académique suisse est caractérisé par un système de chaires et un turn-over relativement faible des positions stabilisées (Schuster & Finkelstein 2008 : 163, Fumasoli & Goastellec 2015a). Le fait que les postes stabilisés soient relativement peu nombreux implique une logique basée sur la succession qui permet d'analyser les conditions d'accès à l'élite académique au travers des carrières des professeurs. Les chemins pour atteindre les plus hautes positions de la hiérarchie des postes académiques sont balisés par une suite d'étapes relativement standardisées. La notion de carrière telle que proposée notamment par Becker (1985 [1963]) peut se définir comme une succession d'étapes professionnelles, d'événements ou de circonstances dont dépend la mobilité d'une position à l'autre. D'abord mobilisée par la sociologie des professions au travers du concept de « réussite », la carrière peut être étendue à tout processus d'acquisition de ressources et d'intégration de normes sociales partagées par l'apprentissage progressif de techniques particulières au cours d'étapes successives et considérées comme légitimes. Aborder la carrière comme un processus séquentiel d'acquisition de ressources revient à porter l'attention sur la série de positions occupées par un individu au cours de son parcours de vie, ainsi que sur le type et le volume de ressources qu'il est nécessaire d'acquérir pour atteindre un poste donné (Savage et al. 2005).

En ce sens, un focus sur les carrières permet de souligner quel type et quel volume de ressources apparaissent comme nécessaires et légitimes pour accéder au poste de professeur, la temporalité de leur acquisition, ainsi que les étapes à franchir pour atteindre un tel poste. La prise en compte d'indicateurs récoltés systématiquement pour chaque année de la carrière des professeurs permet de mesurer empiriquement des durées et des transitions entre les différentes étapes qui structurent ces parcours. En effet, l'accès aux positions au cours de la carrière ne dépend pas uniquement du volume des ressources, mais également de la temporalité et du moment où elles sont acquises. En termes séquentiels, cela revient à donner de l'importance aux différents rythmes d'accumulation de ces ressources qui à leur tour renseignent sur la structure temporelle des carrières. Une ascension particulièrement rapide dans les échelons de la hiérarchie académique pourra être interprétée comme une forme d'excellence, surtout lorsqu'elle intervient en début de carrière. Ce « potentiel » ou ce « talent » fonctionnera alors comme une marque de reconnaissance symbolique très importante et parfois une précondition pour l'accès à certains postes dans la suite de la carrière (Bühlmann 2008 : 603). On peut parler d'effet Matthieu en référence à Robert K. Merton, qui fut l'un des premiers à développer l'idée que les petites inégalités en début de carrière, si elles s'accumulent, peuvent donner lieu à des trajectoires très inégales sur le moyen et le long termes (Sapin et al. 2007 : 119). Merton (1968) montre justement comment le système des récompenses scientifiques est stratifié en différents stades d'accomplissements considérés et jugés par les pairs. Le nombre de places disponibles pour l'obtention des prix est limité et tend à créer des distinctions disproportionnées entre les scientifiques au bénéfice d'une reconnaissance majeure et les autres. De manière générale, l'effet Matthieu contribue à la sélection sociale du talent et la concentration des ressources scientifiques autour des

individus au bénéfice d'une légitimité déjà acquise. La forme des carrières des professeurs est un élément qui peut alors justifier *rétroactivement* leur position dominante. On peut étendre cette logique à la question de l'accès aux postes stabilisés en Suisse, relativement rares en termes de places disponibles. Ainsi, l'analyse des carrières peut permettre de mieux comprendre les mécanismes de stratification dans le recrutement et la promotion de l'élite académique.

Notre **quatrième question de recherche (Q4)** interroge la manière dont les variations dans le degré d'autonomie de l'espace des professeurs ont des conséquences sur la structure des carrières en termes de rythme, de temporalité et du type de ressources accumulées. Afin de répondre à cette dernière question, nous nous focaliserons sur deux aspects des carrières : les liens entre la structure changeante des carrières et les positions dans l'espace des professeurs et le rôle de l'internationalisation des parcours dans le renforcement du capital scientifique. Cette dernière partie s'articule de la manière suivante. Dans un premier temps, nous présenterons la méthodologie employée pour l'analyse des carrières des professeurs ainsi que les données utilisées. Ensuite, nous montrerons la distribution générale des séquences formées pour chaque professeur et les principales caractéristiques des carrières selon l'ordre de succession de certaines étapes. Dans un deuxième temps, nous établirons une typologie des parcours en six grands types que nous pourrions décrire en termes de temporalité, de rythme et des ressources accumulées. Nous développerons en particulier le rôle des séjours internationaux et la représentativité des types dans trois cohortes de 1957, 1980 et 2000. Dans un dernier temps, nous chercherons à mettre en lien les types de carrières et les profils pour, enfin, conclure sur les carrières comme indicateurs de la hiérarchie des disciplines.

3.1 Analyse de séquences : description de l'alphabet

Pour chaque professeur de l'échantillon (N=642), les données récoltées renseignent de manière systématique, pour chaque année de la carrière de 20 ans à 50 ans, sur le poste ou la fonction occupée, l'organisation publique ou privée au sein de laquelle la fonction est exercée, le pays, la date de début et la date de fin du mandat. Ces fonctions ont ensuite été codées en huit catégories selon la position occupée dans la hiérarchie des postes académiques, de la sphère d'activité (académique ou privée) et de l'internationalité du lieu d'exercice de la fonction (Suisse ou étranger). Ces catégories sont appelées les *états* d'un *alphabet* que nous détaillons ci-après. Au nombre de huit, les états se distinguent en fonction de la hiérarchie des positions académiques entre positions non stabilisées et stabilisées et du lieu de l'institution entre la Suisse et l'étranger. S'y rajoutent la période de formation jusqu'à l'obtention du diplôme du doctorat et les positions professionnelles hors de l'académie.

- L'état *Formation* est déterminé par l'âge d'obtention du doctorat, à l'exception de trois professeurs qui n'ont pas obtenu un tel titre et pour lesquels nous avons considéré l'âge d'obtention du plus haut diplôme, dans les trois cas un diplôme d'ingénieur.
- L'état *Pré-stabilisation en Suisse* regroupe l'ensemble des positions occupées en Suisse avant la stabilisation dans une institution académique, c'est-à-dire les postes d'assistant, postdoctorant, chercheur, chef de travaux, chef de projet, chargé de projet, maître assistant, privat-docent, professeur assistant et professeur boursier.
- L'état *Pré-stabilisation à l'étranger* regroupe l'ensemble des positions occupées dans un autre pays que la Suisse avant la stabilisation.
- L'état *Professeur associé en Suisse* regroupe les fonctions de professeur associé et extraordinaire exercées en Suisse.
- L'état *Professeur associé à l'étranger* regroupe toutes les fonctions de professeur stabilisé à l'étranger à l'exception du « full professor ».

- L'état *Professeur ordinaire en Suisse* représente l'occupation de la fonction de professeur ordinaire en Suisse.
- L'état *Professeur ordinaire à l'étranger* représente l'occupation de la fonction de professeur ordinaire dans un autre pays que la Suisse.
- Enfin, l'état *Position extra-académique* regroupe l'ensemble des fonctions exercées de manière professionnelle au sein d'une institution extra-académique. Lorsqu'un individu exerce une activité professionnelle hors de l'académie en parallèle avec l'occupation d'un poste académique, c'est ce dernier qui est pris en compte.

Les coûts de substitution ont été fixés en suivant une méthode dite *trate*, c'est-à-dire que les coûts sont dérivés des taux de transition effectivement observés. En d'autres termes, plus la transition d'un état à un autre est fréquente, plus les coûts sont bas. Les coûts de substitution se situent autour d'une valeur proche de 2. Les coûts d'insertion et de délétion (*indel costs*) ont été fixés à 3. En pratique, ce choix implique qu'il coûtera davantage de supprimer et d'insérer un état que de substituer un état par un autre dans le calcul visant à détecter les similarités entre les séquences. Ainsi, les transitions d'un état à un l'autre ne sont pas survalorisées et l'importance de la durée de ceux-ci est préservée.

3.2 La structure générale et les grandes étapes des carrières des professeurs

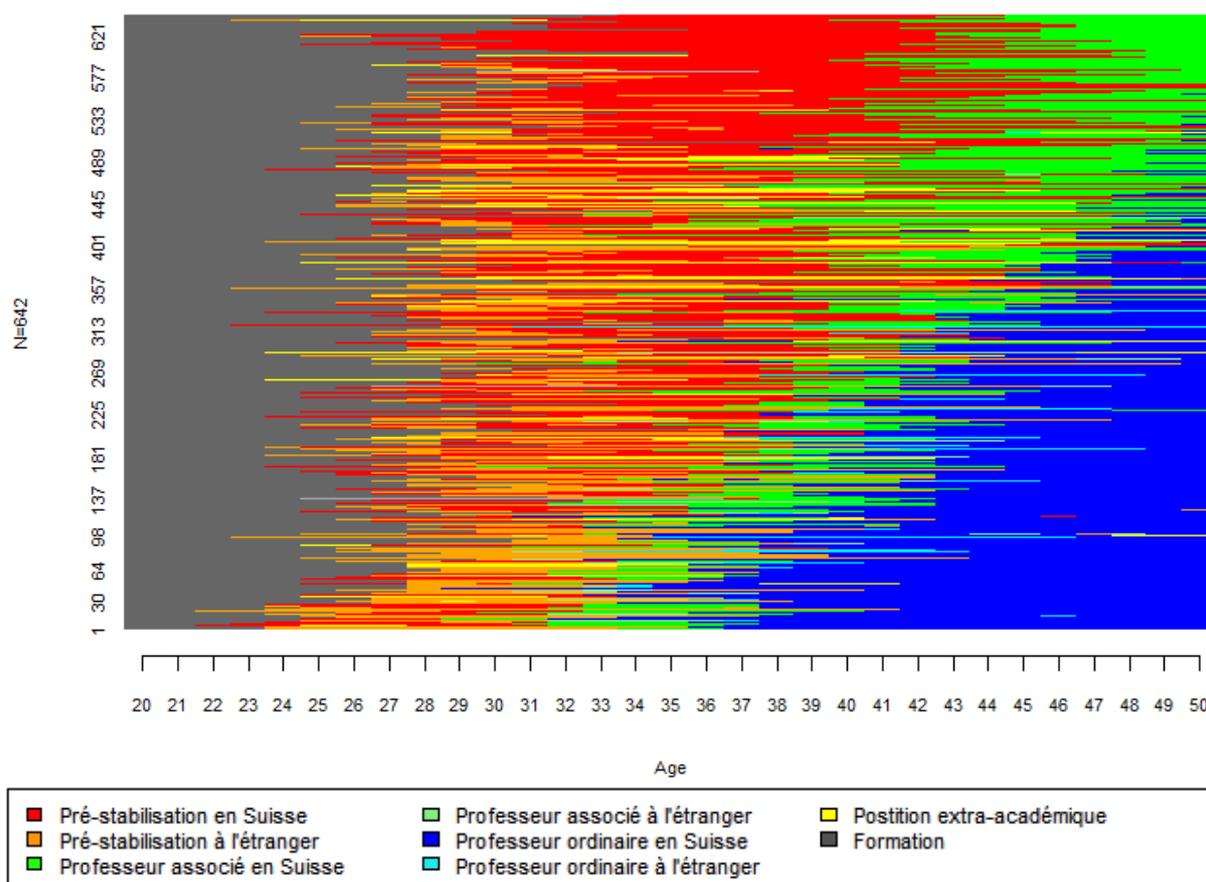
La figure 4.20 montre la distribution générale des carrières regroupées selon leur ressemblance calculée sur la matrice des distances entre les séquences¹⁵⁵. Chaque ligne sur l'axe des y représente une carrière individuelle (N=642) pour chaque âge représenté sur l'axe des x. Les couleurs correspondent à l'alphabet des états décrits préalablement. L'état *missing* a été créé dans le cas des cinq carrières pour lesquels nous n'avons pas effectué d'imputation. Les analyses de séquences ont été réalisées à l'aide du *package TraMineR* développé pour le logiciel *R*¹⁵⁶ (Gabadinho et al. 2011).

En bas du graphique, on trouve les carrières aboutissant à la fonction de professeur ordinaire. En haut figurent celles qui donnent accès aux postes de professeur associé et extraordinaire. Comme première analyse des trajectoires des professeurs, nous avons considéré la manière dont les différentes étapes décrites dans l'alphabet se suivent les unes les autres. Sans prendre en compte leur durée dans un premier temps mais en se concentrant sur l'ordre de succession des états, on peut dégager quelques tendances importantes dans la transformation des carrières.

¹⁵⁵ Sur 642 carrières, 618 sont complètes, c'est-à-dire que toute la carrière a pu être identifiée au travers de la récolte de données décrite dans le chapitre 2. Pour 24 professeurs, les carrières demeurent donc incomplètes. Dans les 19 cas où des informations manquaient pour 6 années au maximum, nous avons effectué des imputations basées sur l'état suivant, c'est-à-dire que les états manquants ont été remplacés par l'état suivant. Il s'agit principalement de cas pour lesquels nous avons pu identifier la date d'obtention du doctorat ainsi que celle de la thèse d'habilitation ou de la nomination de privat-docent, mais sans information complémentaire sur le statut dans la période entre les deux. Les années manquantes ont ainsi été imputées comme des états de pré-stabilisation en Suisse. Dans les cinq derniers cas, il n'a pas été possible d'effectuer une imputation car les données manquantes étaient trop importantes et un état *missing* a été créé.

¹⁵⁶ *TraMineR* a été développé par Alexis Gabadinho, Matthias Studer, Nicolas Müller, Reto Bürgin, Pierre-Alexandre Fonta et Gilbert Ritschard et est maintenu par Gilbert Ritschard.

Figure 4.20 Distribution des états (Index plot)

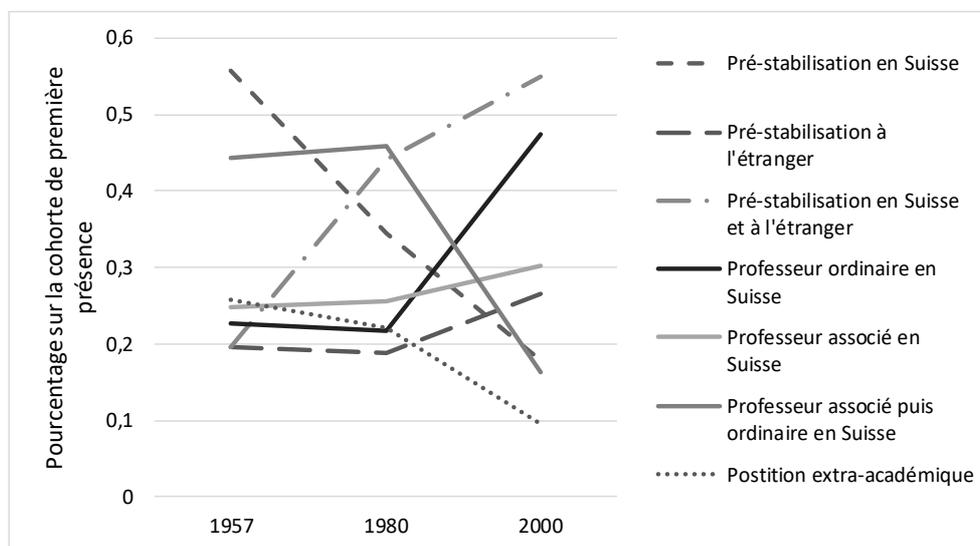


Sur N=642 professeurs au total pour les trois dates (1957, 1980 et 2000), certains ont effectué l'entier de leur période de pré-stabilisation en Suisse (N=198), d'autres uniquement à l'international (N=142) et d'autres encore cumulent les deux, c'est-à-dire qu'ils ont occupé au moins un poste en Suisse et un poste à l'étranger (N=288). Ensuite, 208 professeurs ont été directement nommés professeurs ordinaires, c'est-à-dire sans avoir au préalable occupé un poste de professeur extraordinaire. 215 ont successivement occupé les fonctions de professeur extraordinaire puis ordinaire en Suisse et 176 professeurs ont occupé celle de professeur extraordinaire sans jamais avoir été nommés professeur ordinaire, du moins pas avant l'âge de 50 ans. Si l'on se focalise sur les positions occupées à l'international, on compte 430 professeurs sur 642, soit 67% de l'effectif total, qui ont effectué au moins une année à l'étranger durant leur période de pré-stabilisation. 68 ont occupé une position stabilisée à l'étranger dont 17 en tant que professeur associé puis ordinaire, 28 en tant que professeur associé uniquement et 17 en tant que professeur ordinaire uniquement.

Enfin, 112 professeurs ont effectué au moins une année de leur carrière en dehors du champ académique, c'est-à-dire 17.4% de l'ensemble des professeurs. Les expériences professionnelles hors de l'académie effectuées en parallèle de l'occupation d'un poste académique ne sont pas prises en compte, ce qui explique cet effectif de 112 séquences alors que nous avons compté 149 professeurs ayant occupé une position extra-académique dans la partie précédente, car, pour 37 d'entre eux, il s'agit d'activités en parallèle de leurs mandats académiques. La figure 4.21 présente l'évolution de la proportion des carrières suivant les sept conditions suivantes : avoir effectué la période de pré-stabilisation en Suisse uniquement, à l'étranger ou à la fois en Suisse et à l'étranger, été professeur ordinaire en Suisse sans avoir été nommé professeur associé ou extraordinaire au préalable, été

professeur associé ou extraordinaire en Suisse, été nommé professeur associé puis ordinaire en Suisse et effectué une partie de la carrière hors de l'académie.

Figure 4.21 Proportion des états de carrières en pourcentages par cohorte de première présence



Note : les postes stabilisés à l'étranger ont été exclus du graphique en raison de leur nombre relativement faible. Le graphique se lit comme suit : les pourcentages indiquent la proportion de professeurs occupant un poste lié à la condition donnée. Par exemple, pour 1957, 55.7% des professeurs ont effectué leur période de pré-stabilisation en Suisse uniquement, 19.6% à l'étranger et 19.56% à la fois en Suisse et à l'étranger.

Ce graphique montre comment les carrières évoluent en fonction des conditions décrites précédemment. Les pourcentages sont calculés sur le nombre de professeurs par cohorte de première présence. On note une diminution historique de l'importance de trois types de conditions : les périodes de pré-stabilisation effectuées uniquement en Suisse qui concernent 56% des carrières en 1957 chutent à 18% en 2000, les carrières de stabilisation en Suisse lorsqu'elles impliquent l'occupation d'un poste de professeur extraordinaire avant celle d'un poste de professeur ordinaire (44% en 1957 et 16% en 2000) et les carrières extra-académiques qui concernent 26% des professeurs en 1957 et seulement 9% en 2000. A l'inverse, les trajectoires caractérisées par une stabilisation directement au poste de professeur ordinaire en Suisse sans avoir été nommé professeur associé ou extraordinaire au préalable prennent beaucoup d'importance dans la période récente, en passant de 23% en 1957 à 47% en 2000. Du point de vue de la période de pré-stabilisation, les séjours effectués uniquement à l'étranger augmentent un peu de 20% en 1957 à 27% 2000, mais ce sont surtout les carrières qui cumulent les séjours en Suisse et à l'étranger qui sont véritablement en expansion. Alors que 20% des professeurs étaient caractérisés par cette condition en 1957, ils sont 55% en 2000.

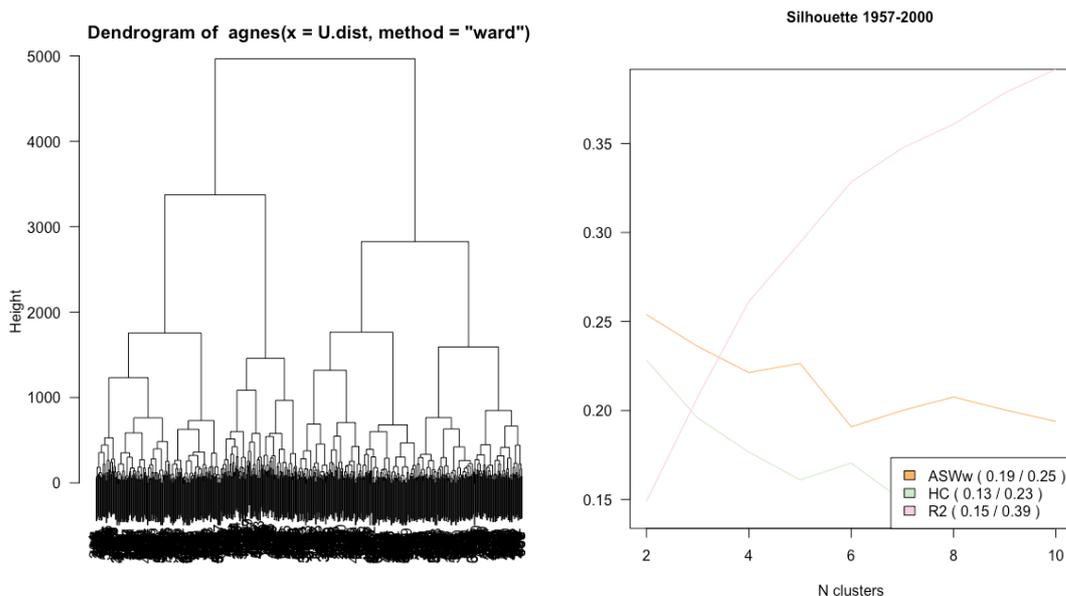
En résumé, ce premier aperçu montre que, si les carrières internationales prennent de l'importance dans la période récente, elles présupposent encore souvent l'occupation d'un poste non stabilisé en Suisse avant la nomination. Sur les 330 séquences qui débutent avec une position en pré-stabilisation à l'étranger, 184 se poursuivent par un autre poste non stabilisé en Suisse (55.8%). Sur les 245 séquences qui débutent par un poste en pré-stabilisation en Suisse, seulement 77 se poursuivent avec un poste de ce type à l'étranger (31.4%). De plus, l'occupation d'un poste en pré-stabilisation à l'étranger va déboucher sur un deuxième poste en pré-stabilisation en Suisse dans 56 cas sur ces 77, soit dans 72.7% des cas. Par contre, les professeurs qui n'effectuent qu'un seul séjour postdoctoral à l'étranger sont un peu plus facilement nommés directement au poste de professeur ordinaire (48 cas sur 330, soit 14.5%) que dans le cas d'un mandat postdoctoral effectué en Suisse (26 cas sur 245, soit 10.6%). Dans la partie suivante, nous intégrons la durée des états dans le but de construire la typologie

des carrières basée sur le degré de similarité des séquences en termes de rythme, de temporalité et du type de ressources accumulées.

3.3 Six grands types de carrières

Dans cette partie, nous présentons une typologie des carrières obtenue au travers d'un clustering sur la distance d'optimal matching des séquences individuelles. Le calcul des coûts de transformation des séquences avait permis de créer une matrice de distances entre chacune des séquences en fonction de leur degré de similarité. Plus les séquences sont semblables, plus la distance est faible. A l'inverse, plus les séquences diffèrent, plus les distances sont grandes. Le clustering effectué ici utilise l'algorithme de *Ward* qui permet de regrouper deux à deux les classes les plus similaires d'une partition. Le regroupement s'effectue de façon à ce qu'à la fois la variance interclasses soit minimale et que la variance interclasses soit maximale. En ce sens, chaque groupe est aussi semblable possible qu'il diffère d'un autre groupe. Le clustering a été mené avec le package *Weighted clusters* développé pour le logiciel R¹⁵⁷. Les deux figures ci-dessous présentent le dendrogramme et la silhouette qui permettent d'interpréter les résultats du clustering et de définir le nombre idéal de classes.

Figure 4.22 Dendrogramme du partitionnement et silhouette (ASWw et HC)



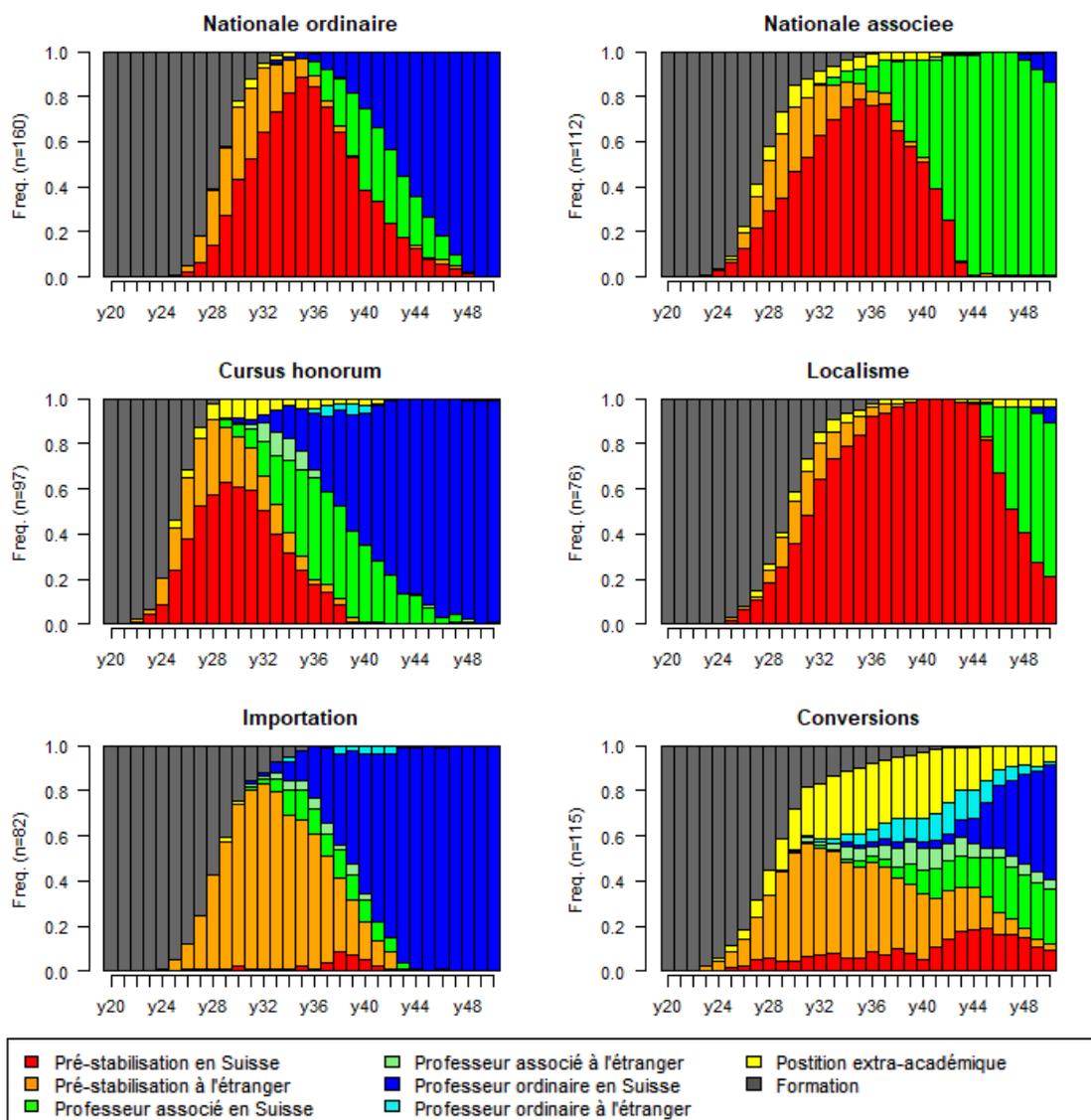
Le dendrogramme est un aperçu graphique des regroupements successifs calculés par l'algorithme de Ward. La classification s'opère de manière ascendante, c'est-à-dire que les séquences les plus similaires sont d'abord regroupées deux à deux, puis les binômes de séquences sont regroupés deux à deux et ainsi de suite. La procédure se poursuit jusqu'à n'obtenir plus que deux groupes. Il est ensuite possible de choisir une partition en deux, trois, quatre, jusqu'à n classes. La silhouette donne une mesure de test statistique des partitions possibles. Nous comparons ici deux coefficients. D'une part l'*Average Silhouette Width weighted* (ASWw) qui donne un coefficient de cohérence des groupes. Plus le coefficient est élevé, plus la distance intergroupes est grande et l'homogénéité à l'intérieur des groupes est grande. D'autre part, le *Hubert's C* (HC) est un indicateur qui mesure l'écart entre la partition obtenue et la meilleure partition possible théoriquement avec le même nombre de groupes et les mêmes distances. Plus le coefficient HC est bas, plus la qualité théorique du clustering est bonne.

¹⁵⁷ Le package *Weighted Clusters* a été développé et est maintenu par Matthias Studer. Pour plus de détails, voir Studer (2012). Pour la méthode agnes, voir Kaufman and Rousseeuw (1990).

Le nombre idéal de classes est donc théoriquement celui pour lequel l'ASWw est le plus élevé et le HC le plus bas.

La combinaison des deux tests indique que la meilleure partition comporte cinq classes. Cependant, nous avons opté pour une solution en six classes pour des raisons plus analytiques que statistiques. En effet, elle permet de distinguer deux classes que nous appelons plus loin « Nationale associée » et « Localisme » (figure 4.23) qui n'en forment qu'une seule dans une solution en cinq. La réunion de ces deux types de trajectoires montre que les professeurs locaux accèdent le plus souvent à des postes de professeur associé, et ce au travers de carrières relativement lentes. Diviser cette grande classe en deux permet de distinguer deux temporalités différentes avec, d'une part, des carrières plutôt rapides et, d'autre part, des carrières beaucoup plus lentes. De plus, l'analyse des profils des professeurs a pu montrer que les *faiseurs de science*, qui sont les mieux dotés en capital scientifique, sont aussi en majorité des professeurs extraordinaires. Puisque l'un des objectifs de cette partie est de mesurer le lien entre les carrières et les profils, il fait plus sens de considérer deux types de trajectoires amenant à l'occupation de cette fonction plutôt qu'une seule, qui risquerait d'englober des profils très hétérogènes. La figure 4.23 présente la distribution des états des séquences en pourcentages par âge pour les six clusters.

Figure 4.23 Distribution des états par âge pour les six clusters (en %)



Ces six clusters sont considérés comme six types de carrières et sont chacun aussi homogène à l'interne qu'ils sont différents des autres clusters. Les trois classes sur la gauche représentent des trajectoires donnant accès à la position de professeur ordinaire, tandis que les trois à droite représentent des carrières débouchant majoritairement sur des postes de professeur extraordinaire. Pour analyser cette typologie, nous proposons d'abord une définition générale de la structure de chacun des types de carrière en les exemplifiant à l'aide de la ou des séquences les plus représentatives ainsi que de la séquence modale définie par la succession des états dont les fréquences sont les plus élevées pour chaque âge. Ensuite, nous comparons les six classes en termes de durée moyenne des états et de la distribution des fréquences des états aux âges de 40 et de 50 ans. Dans une dernière partie, nous reviendrons sur l'importance relative des carrières dans les trois cohortes ainsi que sur leurs liens avec les profils des professeurs issus des résultats de l'ACM.

3.3.1 Description générale à l'aide de quelques cas illustratifs

Le premier type regroupe les carrières *nationales ordinaires* (N=160) et regroupe pour l'essentiel des trajectoires en Suisse donnant accès au poste de professeur ordinaire. La séquence modale de ce premier type est composée de trois étapes : la formation doctorale avec un titre obtenu à 30 ans, une période de pré-stabilisation effectuée en Suisse entre 31 et 41 ans et une nomination au poste de professeur ordinaire à partir de 41 ans. La carrière la plus représentative de ce premier type¹⁵⁸ est celle de Raffaele Tabacchi, professeur ordinaire de chimie organique à l'Université de Neuchâtel. Né en 1940, il y obtient son doctorat en 1970 et est nommé professeur assistant dans la même université l'année suivante, après un passage d'une année en tant que postdoctorant (post graduate) à l'Université de Bâle¹⁵⁹. En 1987, il est nommé professeur ordinaire à la chaire de chimie organique analytique et structurale. Il reçoit le titre honorifique de docteur honoris causa de l'Université de Neuchâtel pour sa retraite en 2004. De nationalité suisse, Tabacchi n'a pas occupé de poste en dehors du pays. Il a par contre été membre du Comité central de l'ASSN ainsi que siégé dans une commission extra-parlementaire. Suivant la typologie des profils établie par l'ACM, il est représentant de la classe des *scientifiques consacrés*.

Le deuxième type est également composé de trajectoires majoritairement nationales mais cette fois ouvrant l'accès au poste de professeur extraordinaire. Ces carrières *nationales associées* (N=112) possèdent une séquence modale ressemblant à celle des carrières *nationales ordinaires*, en ce qu'elles comportent également trois étapes de durées comparables : la formation doctorale avec un titre obtenu à 29 ans, une période de pré-stabilisation effectuée en Suisse de 30 à 40 ans puis une nomination au poste de professeur associé à partir de 40 ans. La carrière la plus représentative de ce deuxième type est celle du professeur Kurt A. Bienz, détenteur de la chaire de microbiologie avec spécialisation en virologie à la faculté de médecine de l'Université de Bâle. Né en 1940, il obtient son doctorat en 1968 à l'Université de Bâle. Après une carrière de privat-docent à l'Institut de microbiologie médicale, il est nommé professeur extraordinaire dans la même institution en 1983. De nationalité suisse, il n'a pas effectué de séjour à l'étranger et n'a pas non plus occupé de positions institutionnelles ou extra-académiques. Conformément à la typologie des profils des professeurs, Kurt A. Bienz est un *outsider local*.

Le troisième type est intitulé *cursus honorum* (N=97) et regroupe les professeurs dont la carrière s'est effectuée en quatre étapes où se succèdent, après la formation doctorale, les postes de pré-

¹⁵⁸ Le package *TraMineR* contient une fonction permettant d'extraire une ou plusieurs séquences représentatives d'un groupe ou d'une classe. Elle peut notamment identifier le médiane, c'est-à-dire le représentant le plus central d'une classe. Nous utilisons ici le critère de densité, c'est-à-dire que les séquences représentatives sont triées en fonction de la densité de leur voisinage (Gabadinho et al. 2011).

¹⁵⁹ Les informations concernant les professeurs décrits dans cette partie proviennent de la base « Elites suisses ».

stabilisation, de professeur extraordinaire puis de professeur ordinaire. La séquence modale pour ce type de carrière est la suivante : formation et obtention du doctorat à 26 ans, une période de pré-stabilisation en Suisse de 27 à 33 ans suivie de quatre ans au poste de professeur associé pour déboucher sur une nomination de professeur ordinaire à 38 ans. La période de formation est donc plus courte que pour les deux types précédents et la stabilisation intervient plus tôt dans la carrière. Cet ordre de stabilisation en deux temps est caractéristique du type, mais ne concerne pas la totalité des trajectoires incluses. Un exemple illustratif est celui d'Albert Frey-Wyssling. Né en 1900, il obtient son doctorat à l'EPFZ en 1924. Il y poursuit sa carrière en tant qu'assistant, puis comme privat-docent en botanique générale spéciale (Spezialgebiete der allgemeinen Botanik) de 1927 à 1937. L'année suivante, il est nommé professeur ordinaire à la chaire de botanique générale et de physiologie des plantes. Frey-Wyssling est un cas de *scientifique consacré* particulièrement intéressant car il cumule un fort capital scientifique (il est lauréat du Prix Marcel Benoist en 1949 et docteur honoris causa de l'Université de Fribourg en 1970) et un fort capital de pouvoir temporel en tant que doyen de la division 10A Biologie puis recteur de l'EPFZ et comme membre du Conseil de fondation du FNS. Bien qu'il soit professeur de botanique, ses recherches se focalisent sur la dimension microscopique des constituants cellulaires et il fait ainsi partie des pionniers de l'utilisation des microscopes électroniques en biologie. Il est l'exemple parfait du chercheur en biologie II de l'époque qui précède l'affirmation de la biologie moléculaire. Enfin, bien qu'il ait effectué des séjours à Paris et à Iéna en Allemagne durant sa période d'assistantat, les départs à l'étranger n'apparaissent pas comme les éléments les plus déterminants de la structure de la carrière. Dans l'état, il reste cependant difficile de mesurer le rôle joué par la mobilité internationale pour la suite de la carrière. En comparaison des autres types, c'est plutôt la rapidité de la succession des états qui définit principalement ce cluster.

Le quatrième type contraste avec le précédent et est constitué des carrières de *localisme* (N=76) qui sont non seulement ancrées en Suisse mais qui montrent une période de pré-stabilisation nationale nettement plus longue. La séquence modale indique une obtention du doctorat à 30 ans, puis une période de pré-stabilisation de 31 à 47 ans pour déboucher sur une nomination de professeur associé tard dans la carrière, à l'âge de 48 ans. Un exemple de ces carrières est celui de Gion Calzaferri, professeur de chimie physique à l'Université de Berne. Né en 1941, il obtient son doctorat en 1971 à l'Université de Fribourg, puis effectue un séjour postdoctoral à l'Université de Bâle (1971-1972) pour être nommé maître assistant à l'Université de Berne en 1973 et professeur associé dans la même université en 1987. Il accède enfin au poste de professeur ordinaire en 1997, ce qui n'est pas exemplaire de la majorité des cas pour lesquels on n'identifie pas de promotion à ce poste en fin de carrière. Calzaferri ne possède aucune ressource internationale ni aucun capital institutionnel. Il a en revanche développé des liens avec le secteur industriel en menant des recherches en collaboration avec la firme bâloise Ciba-Geigy. Son profil correspond à celui de l'*outsider local*, tout comme Kurt A. Bienz qui, pourtant, est représentatif des carrières *nationales associées*. La différence principale entre les deux réside dans la durée de la période précédant la stabilisation, plus courte pour Bienz que pour Calzaferri. Nous reprendrons les différences dans la durée des états plus en détails dans la partie suivante (notamment au tableau 4.6).

Le cinquième type est nommé *importation* (N=82) et est cette fois un cluster de carrières internationales débouchant directement sur une stabilisation en Suisse au poste de professeur ordinaire. La séquence modale pour ce type est la suivante : période de formation avec obtention du doctorat à 28 ans, période de pré-stabilisation à l'étranger jusqu'à 37 ans et stabilisation en Suisse au poste de professeur ordinaire à partir de 38 ans. La carrière de Heinz Balli est exemplaire de ce type de succession d'états. Né en Allemagne en 1929 et de nationalité allemande, il obtient son doctorat à l'Université de Marburg en 1959. Il poursuit sa carrière dans la même institution jusqu'en 1962 où il est engagé comme maître assistant à l'Université technique de Karlsruhe pour revenir l'année suivante

à l'Université de Marburg également comme maître assistant de 1963 à 1965. Il est nommé professeur ordinaire de chimie organique à l'Université de Bâle l'année qui suit, en 1966. Il occupera la chaire de chimie des colorants jusqu'à sa retraite en 1993. Le profil de Balli correspond au *scientifique importé* défini par les classes de l'ACM.

Enfin, le sixième type groupe les trajectoires appelées *conversions* (N=115). Ce dernier cluster résiduel est plus hétérogène que les autres et nous avons choisi de l'illustrer par deux profils. La séquence modale montre des carrières effectuées à l'étranger de durées particulièrement longues entrecoupées de passages par des entreprises privées. Les fréquences relativement faibles des états modaux pour chaque année reflètent cependant l'hétérogénéité des trajectoires incluses dans cette classe. Le premier exemple illustratif est celui du professeur Luigi Mario Venanzi. Né en 1927 en Italie, il obtient un premier doctorat à l'Université de Trieste en 1956, puis un second à l'Université d'Oxford en 1958. Sa longue carrière de pré-stabilisation se déroule entièrement à l'étranger, d'abord au Royaume-Uni, puis aux Etats-Unis pour enfin être nommé professeur ordinaire de chimie inorganique à l'EPFZ en 1973. Doté d'un capital international important, il a aussi été doyen de la Division 04 Chimie de l'EPFZ entre 1981 et 1983. Il correspond au profil du *scientifique importé* et se distingue de la figure de Heinz Bailli principalement par la durée de sa carrière à l'étranger. Le deuxième exemple typique des carrières de *conversions* est celui de Jakob Nüesch, professeur extraordinaire de microbiologie à l'Université de Bâle (1978-1989). Né à Balgach dans le canton de St-Gall en 1932, il obtient un doctorat en biologie à l'EPFZ en 1960, puis débute une carrière dans l'industrie chimique et pharmaceutique chez Ciba-Geigy à Bâle. Après avoir effectué une thèse d'habilitation à l'Université de Bâle, il est engagé comme privat-docent dans la même université en 1972. Il y occupera le poste de professeur extraordinaire à partir de 1978. Il occupe également une fonction institutionnelle majeure comme président de l'EPFZ de 1990 à 1997. En parallèle à son activité académique, Nüesch devient directeur du département de recherche de la division pharma chez Ciba-Geigy en 1987. En termes de profil, il appartient au groupe des *outsiders locaux*.

De la même manière que nous l'avons fait concernant les profils, nous proposons maintenant une analyse des trajectoires professionnelles des femmes professeures afin d'apporter une dimension supplémentaire à la compréhension des mécanismes qui structurent les carrières académiques.

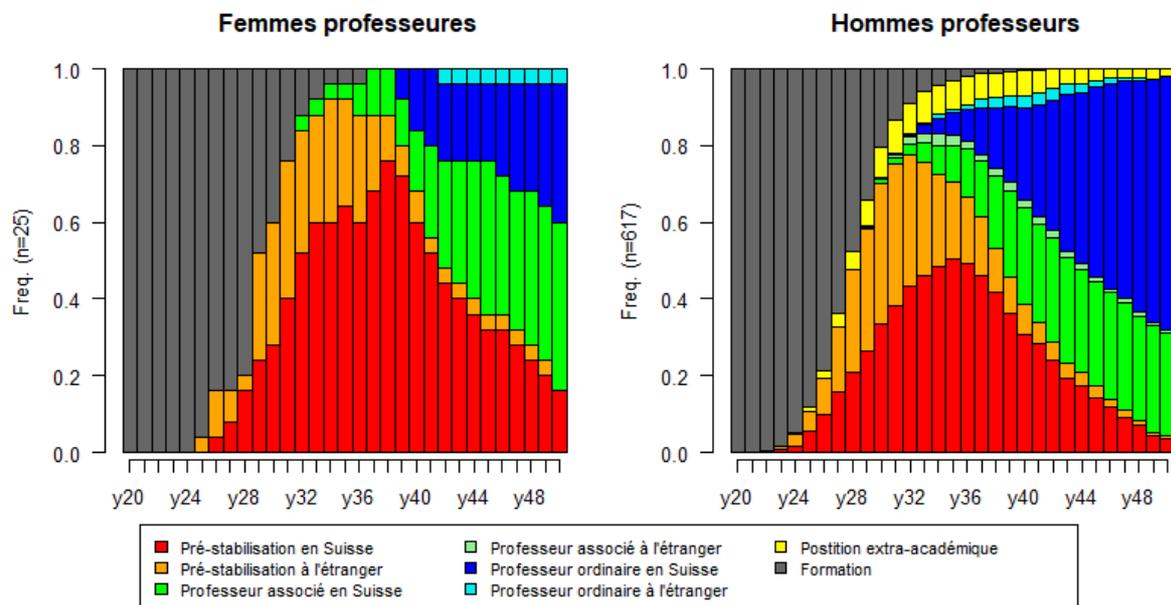
3.3.2 Des carrières féminines plus standardisées et plus lentes que les carrières masculines

Dans la partie 2.4, nous avons évoqué la tendance des femmes professeures à présenter des carrières ancrées localement, une caractéristique que l'on retrouve dans l'analyse des séquences. La composition des types de carrières (annexe 5.7) montre un résultat important : les femmes professeures sont clairement surreprésentées dans les carrières locales. Leur proportion (11.8%) dans le type *localisme* est nettement supérieure à la proportion générale des femmes dans l'échantillon (3.9%). En plus de ces neuf cas, on en compte sept autres qui sont affiliés aux carrières de type *nationale associée*, trois de type *nationale ordinaire* et une dernière de type *cursus honorum*. En tout, 20 femmes professeures présentent des carrières à forte dominance locale, contre seulement trois cas d'*importation* et deux cas de *conversion*.

Un deuxième aspect qui caractérise les femmes professeures concerne ainsi la forme et la temporalité de leurs carrières. Comparé à celles des hommes, elles sont marquées par une plus longue durée dans des postes en pré-stabilisation, qui sont majoritairement effectués en Suisse (figure 4.24). En termes de durée moyenne des états, les femmes présentent des périodes de formation un peu plus longues (9.9 années après 20 ans) que les hommes (8.7 années après 20 ans). Mais surtout, la période passée dans des postes en pré-stabilisation en Suisse passe de 6.8 ans pour les hommes à 10.2 ans pour les femmes, soit entre trois et quatre ans supplémentaires (voir annexe 5.8). La durée de la pré-

stabilisation à l'étranger, quant à elle, reste très similaire (3.7 ans pour les hommes et 3.6 ans pour les femmes).

Figure 4.24 Fréquence des états pour les femmes et les hommes professeur.e.s

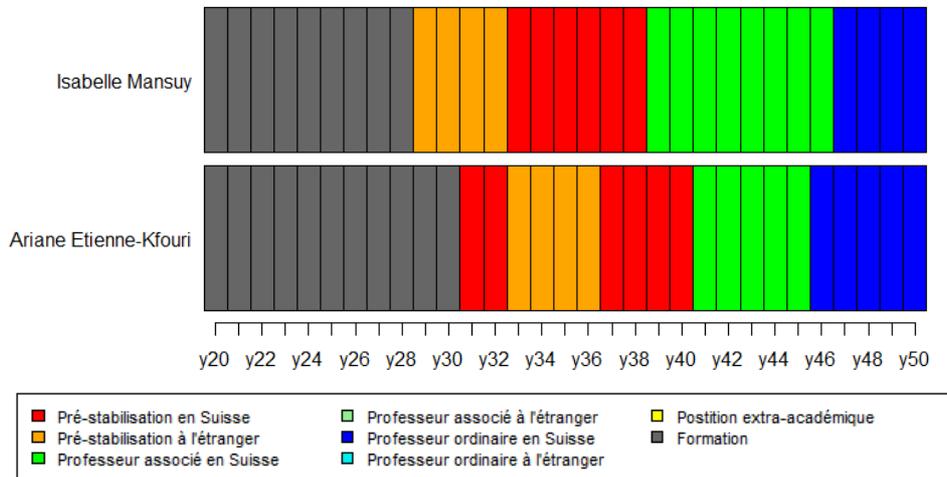


La comparaison de la fréquence d'occupation des états pour les femmes et les hommes à 30, 40 et 50 ans montre des différences significatives (annexe 5.8.2). A 30 ans, les femmes sont encore nombreuses en formation (40%) alors que les hommes ne sont que 20.4% dans la même situation. A cet âge, l'ensemble des femmes ayant terminé leur formation occupent des postes en pré-stabilisation, alors que les postes occupés par les futurs professeurs masculins sont plus diversifiés. La différence s'accroît à l'âge de 40 ans où 68% des femmes occupent toujours une position en pré-stabilisation (60% en Suisse et 8% à l'étranger) contre seulement 38.7% des hommes, qui sont déjà un nombre significatif à être stabilisés (54.3% contre 32% pour les femmes). Enfin, alors que 65.8% des hommes occupent un poste de professeur ordinaire en Suisse à l'âge de 50 ans, c'est le cas de seulement 36% des femmes. Ces dernières sont par contre plus nombreuses dans les fonctions de professeure extraordinaire en Suisse (44% contre 26.7% pour les hommes).

Les carrières masculines apparaissent ainsi comme plus rapides, c'est-à-dire que les hommes professeurs sont stabilisés plus tôt dans leur carrière que les femmes. Elles sont également plus diversifiées puisque les hommes occupent plus rapidement diverses positions, notamment extra-académiques desquelles les femmes sont totalement absentes. Lorsque l'on compare la durée moyenne passée dans chacun des états pour les femmes ayant obtenu un poste de professeure ordinaire et les autres, il apparaît que les carrières de longue durée dans les postes en pré-stabilisation concernent surtout les secondes (annexe 5.8.3). La durée moyenne de la pré-stabilisation en Suisse pour les femmes professeures ordinaires est de 5.9 ans, ce qui est relativement court par rapport aux femmes qui n'ont pas eu accès à cette fonction (12.6 ans). La durée de la pré-stabilisation à l'étranger est, par contre, beaucoup plus étendue pour les femmes professeures ordinaires (6.7 ans contre 1.8 an pour les autres), en moyenne deux fois plus longue que pour les carrières masculines (3.7 ans). Ainsi, si les femmes professeures peuvent convertir du capital scientifique et international en poste de professeure ordinaire, le volume de capital nécessaire pour accéder à la fonction est supérieur au cas des hommes.

On ne retrouve que deux femmes professeures possédant les caractéristiques typiques des carrières masculines, c'est-à-dire une période de pré-stabilisation en Suisse inférieure à 6.8 ans en moyenne pour une durée du mandat de professeur ordinaire d'au moins 5.9 ans (figure 4.25).

Figure 4.25 Deux femmes professeures avec des carrières masculines



Isabelle Mansuy est nommée professeure ordinaire de neurobiologie à l'Université de Zurich à 47 ans. De nationalité française, elle reçoit un doctorat de l'Université de Strasbourg en 1994, effectue ensuite un séjour postdoctoral de quatre ans à l'Université de Columbia aux Etats-Unis avant d'être nommée professeure assistante à l'EPFZ en 1998, professeure associée à l'Université de Zurich en 2004 puis professeure ordinaire en 2012. Ariane Etienne-Kfourri, née en 1935 à Berne, obtient d'abord un doctorat à l'Université de Genève en 1965 et occupe ensuite un poste de chargée de cours dans la même université avant d'effectuer un séjour doctoral de trois ans à l'Université de Cambridge (Royaume-Uni). A son retour en 1972, elle est nommée professeure assistante, puis professeure extraordinaire d'éthologie en 1976, et enfin professeure ordinaire en 1981, à l'âge de 46 ans. Ces deux exemples de carrière *nationale ordinaire* (annexe 5.7) sont des exceptions et les carrières féminines se caractérisent d'abord par une temporalité étendue de la période de pré-stabilisation ainsi que par la prédominance des postes occupés en Suisse.

Hormis ces quelques exceptions, les carrières des femmes professeures montrent que ces dernières sont toujours soumises aux contraintes du « plafond de verre » (Laufer 2004), notamment parce que le pourcentage des femmes accédant au poste de professeure ordinaire est beaucoup plus faible (36%) que celui des hommes (64.5%), mais aussi parce que leurs carrières sont plus lentes et plus locales. Bien que le pourcentage de femmes professeures ayant effectué un doctorat à l'étranger (44%) soit nettement supérieur à celui des hommes (29.2%), cette différence disparaît lors des séjours postdoctoraux à l'étranger (60% pour les femmes contre 67.3% pour les hommes), et les femmes semblent ensuite avoir plus de difficultés que les hommes à effectuer des carrières internationales prolongées. On peut faire une hypothèse concernant l'ancrage local des carrières féminines. Pour les hommes, les événements de la sphère privée, tels que la paternité, n'entrent pas en contradiction avec la carrière et peuvent même aller en se renforçant, d'autant plus que leur investissement dans la carrière est facilité par le report des contingences domestiques sur les femmes (Marry 2008 : 37). Pour ces dernières, par contre, l'entrée dans la maternité est largement perçue et consiste en un frein au développement de la carrière, si elles ne quittent pas simplement la profession (Ecklund et al. 2012 : 709).

Si nous avons pu comparer les femmes et les hommes professeur.e.s en appliquant la variable du sexe aux différents indicateurs liés aux profils et aux carrières, nous ne disposons pas des informations nécessaires pour interpréter ces différences en termes de genre, notamment parce que nous n'avons pas d'informations nous permettant d'analyser l'articulation entre sphère professionnelle et sphère privée ni pour les hommes, ni pour les femmes. Il est donc difficile de conclure sur les raisons qui ont permis à ces femmes d'avoir accès au monde particulièrement masculin de l'élite académique de la biologie et de la chimie. Néanmoins, les résultats que nous avons pu produire avec les données disponibles corroborent deux aspects largement soulevés par la littérature consacrée aux inégalités de genre dans les carrières académiques : une plus grande difficulté à accéder aux postes les plus élevés de la hiérarchie institutionnelle typique du phénomène du « plafond de verre » (Laufer 2004), mais aussi un plus grand degré général de précarité (Lefevre et al. 2018). Les carrières des femmes professeurs de biologie et de chimie sont plus standardisées que celles des hommes professeurs dans le sens où il existe une plus faible diversité des « chemins » possibles. Cette standardisation va de pair avec une précarisation, puisqu'une très grande majorité des cas montre une progression lente dans les étapes de la période de pré-stabilisation, et un âge de nomination plus avancé que celui des hommes. Enfin, nous avons montré l'accès restreint pour les femmes aux séjours internationaux qui, comme nous allons le développer maintenant, sont une ressource non négligeable pour l'accès aux postes académiques les plus élevés.

3.2.3 Deux types d'internationalité

La comparaison des six types peut permettre de mettre en avant deux types d'internationalité. En nous basant sur les moyennes des années passées dans chaque état, puis sur la fréquence de l'occupation des états aux âges de 40 et 50 ans, nous pouvons distinguer deux types d'internationalité des carrières en regard de la durée des séjours. D'une part, les séjours de longue durée correspondant à des carrières scientifiques menées à l'extérieur de la Suisse et, d'autre part, les séjours de courte durée qui se définissent plus comme des mobilités dans le début de la carrière. Le tableau 4.6 résume les durées moyennes des états en années par type.

Tableau 4.6 Durées moyennes des états par type de carrière (en années)

	Nationale ordinaire	Nationale associée	Cursus honorum	Localisme	Importation	Conversions
Formation	9	8	6	10	9	10
Pré-stabilisation en Suisse	9	9	5	16	0	2
Pré-stabilisation à l'étranger	2	2	2	1	8	7
Professeur associé en Suisse	3	10	4	3	1	2
Professeur associé à l'étranger	0	0	0	0	0	1
Professeur ordinaire en Suisse	8	0	12	0	12	3
Professeur ordinaire à l'étranger	0	0	0	0	0	1
Position extra-académique	0	1	1	1	0	5

Note : La durée des états est calculée à partir de l'âge de 20 ans. Ainsi, les résultats pour l'état *formation* doivent être lus comme le nombre d'années à partir de cet âge et jusqu'à l'obtention du doctorat.

La comparaison des durées moyennes pour chaque état nous permet de faire une première synthèse comparative pour les six types de carrières. Les temps de formation, c'est-à-dire le nombre d'années jusqu'à l'obtention du doctorat comptées à partir de l'âge de 20 ans, sont à peu de choses près équivalents pour l'ensemble des types, sauf pour le *cursus honorum* pour lequel la durée est plus courte (6 ans en moyenne contre 9 ans pour les autres types). Concernant les parcours extra-académiques, les professeurs ayant effectué des mandats de courte durée dans des firmes privées ou des laboratoires nationaux non académiques peuvent se retrouver dans différents types de carrières. Par contre, les mandats de plus longue durée sont clairement spécifiques aux carrières de conversion.

La durée des postes en Suisse distingue les carrières amenant à une stabilisation relativement tôt dans la carrière de celles pour lesquelles la stabilisation intervient beaucoup plus tard. D'un côté, les types *nationale ordinaire*, *cursus honorum* et *importation* reflètent des trajectoires permettant un accès rapide au poste de professeur ordinaire. C'est particulièrement le cas pour les deux dernières pour lesquelles la durée moyenne de l'état de professeur ordinaire en Suisse est de 12 ans, alors qu'elle est de 8 ans pour la première. Le type *nationale associée* donne également accès à une stabilisation relativement tôt dans la carrière, mais cette fois à la fonction de professeur associé. Dans les cas des carrières de *localisme* et de *conversions*, la durée de la période de pré-stabilisation est nettement plus longue.

En termes de durée moyenne des postes stabilisés, on peut regrouper les types en trois catégories. Les types *cursus honorum* et *importation* sont ceux qui permettent l'accès le plus rapide à la stabilisation par la nomination au poste de professeur ordinaire. Pour le premier, elle intervient après une carrière essentiellement nationale, composée d'une courte période postdoctorale effectuée après l'obtention du titre de doctorat très tôt dans la carrière. Pour le second, c'est une carrière de pré-stabilisation à l'étranger qui confère les ressources nécessaires à l'accession directe au poste de professeur ordinaire en Suisse. Les types *nationale ordinaire* et *nationale associée* présentent des caractéristiques similaires avec une période de pré-stabilisation de neuf ans en moyenne et donc une stabilisation un peu plus tard. Bien qu'il s'agisse de trajectoires essentiellement nationales, elles montrent une durée moyenne de 2 ans à l'étranger. Cette caractéristique se retrouve également pour les carrières de type *cursus honorum*. Ce temps court passé à l'étranger reflète des mobilités dans le début de la carrière et contraste avec la durée importante des carrières à l'étranger que l'on trouve dans les types *d'importation* et de *conversion*. Pour ce dernier type comme pour celui du *localisme*, la durée de la carrière avant la stabilisation est particulièrement longue. Elle se compose, dans le premier cas, d'une activité académique à l'étranger ou d'une activité professionnelle extra-académique. Dans le deuxième cas, il s'agit presque exclusivement de mandats académiques effectués en Suisse.

L'analyse des fréquences d'occupation des états à 40 et 50 ans permet d'approfondir encore un peu cette comparaison des types de carrières. Le tableau 4.7 montre la distribution des professeurs dans chaque état à l'âge de 40 ans en pourcentages.

Tableau 4.7 Fréquence des états à 40 ans pour chaque type de carrière (en %)

y40	Nationale ordinaire	Nationale associée	Cursus honorum	Localisme	Importation	Conversions
Formation	0	0	0	0	0	2.6
Pré-stabilisation en Suisse	38.1	50.9	0	100	4.9	5.3
Pré-stabilisation à l'étranger	0.6	1.8	1.0	0	17.1	28.9
Professeur associé en Suisse	35.6	43.8	34.0	0	9.8	10.5
Professeur associé à l'étranger	0	0	0	0	2.4	9.6
Professeur ordinaire en Suisse	25.0	0	58.8	0	62.2	2.6
Professeur ordinaire à l'étranger	0.6	0	3.1	0	3.7	10.5
Position extra-académique	0	3.6	3.1	0	0	29.8

A 40 ans, les professeurs ayant effectué une carrière de type *cursus honorum* sont déjà 92.8% à être stabilisés en Suisse. Le taux est également élevé pour le type *importation* avec 72% de professeurs stabilisés en Suisse au même âge dont 62.2% de professeurs ordinaires. Les professeurs du type *nationale ordinaire* sont 60.6% à être stabilisés, mais seulement 25% le sont en tant que professeur ordinaire. Le type *nationale associée* comprend 43.8% de professeurs associés. Les taux pour les deux derniers types sont beaucoup plus bas avec 13.1% pour le type *conversions* et aucun professeur pour le type *localisme*. Les professeurs du type *conversions* sont en revanche 20.1% à occuper un poste stabilisé à l'étranger. Toujours au même âge, les professeurs qui occupent un poste en pré-stabilisation

à l'étranger se situent dans les types *importation* (17.1%) et *conversions* (28.9%). Les professeurs des autres types mènent leur carrière en Suisse, à de très rares exceptions.

Les fréquences à 50 ans confirment que les différents types donnent accès à des positions bien définies, comme montré dans le tableau 4.8 ci-dessous.

Tableau 4.8 Fréquence des états à 50 ans pour chaque type de carrière (en %)

y50	Nationale ordinaire	Nationale associée	Cursus honorum	Localisme	Importation	Conversions
Formation	0	0	0	0	0	0
Pré-stabilisation en Suisse	0	0	0	21.1	0	9.6
Pré-stabilisation à l'étranger	0	0.9	1.0	0	0	2.6
Professeur associé en Suisse	0	85.7	0	68.4	0	24.3
Professeur associé à l'étranger	0	0	0	0	0	4.3
Professeur ordinaire en Suisse	100	13.4	97.9	6.6	100	50.4
Professeur ordinaire à l'étranger	0	0	0	0	0	1.7
Position extra-académique	0	0	1.0	3.9	0	7.0

Les types *nationale ordinaire*, *cursus honorum* et *importation* débouchent de manière systématique sur le poste de professeur ordinaire, tandis que le type *nationale associée* est associé au poste de professeur associé (85.7%) et, dans des cas plus rares, de professeur ordinaire (13.4%). C'est également le cas des professeurs ayant mené une carrière de type *localisme* qui sont 68.4% à être stabilisés à la fonction de professeur associé et 6.6% à celle de professeur ordinaire. Le type de *Conversions* reste le plus hétérogène, avec 24.3% de professeurs associés et 50.4% de professeurs ordinaires en Suisse.

En résumé, cette typologie des carrières montre que celles-ci se différencient principalement selon le moment de la stabilisation en Suisse et selon l'internationalité de la période de pré-stabilisation. Les mobilités de courte durée en début de carrière ne semblent pas jouer un rôle déterminant dans le poste occupé à 40 et 50 ans. La durée est égale pour les trois types *nationale ordinaire*, *nationale associée* et *cursus honorum*, mais ils donnent accès à des positions différentes et à des moments différents de la carrière. Par contre, on remarque qu'un séjour postdoctoral effectué hors de la Suisse pendant une durée moyenne de 8 ans comme dans le type *conversions* permet l'accès à une nomination directe au poste de professeur ordinaire, sans passer par d'autres fonctions intermédiaires.

Avant de présenter plus en détail la comparaison des trajectoires et des profils des professeurs, nous revenons brièvement sur la représentativité des types de carrières dans les cohortes de 1957, 1980 et 2000.

3.2.4 Représentativité des types de carrières dans les cohortes

Avant de terminer ce chapitre par la distribution des types de carrières aux profils des professeurs, il est intéressant de montrer que certaines structures de carrières peuvent être typiques de certaines périodes. Ici, nous avons comparé la distribution des types dans les cohortes avec la distribution générale, comme dans le tableau ci-après. Les cas pour lesquels la valeur-test est supérieure à 2 pour une p-value inférieure à 0.05 ont été mis en gras et indiquent une association significative entre le type et la cohorte.

Tableau 4.9 Distribution des types de carrières dans les cohortes de nomination (en %)

	Cohorte de 1957	Cohorte de 1980	Cohorte de 2000	∅
Nationale ordinaire (N=160)	9.3	31.0	24.2	24.9
Nationale associée (N=112)	15.5	17.4	18.2	17.4
Cursus honorum (N=97)	38.1	13.5	8.3	15.1
Localisme (N=76)	9.3	8.5	16.3	11.8
Importation (N=82)	4.1	13.9	14.8*	12.8
Conversions (N=115)	23.7	15.7	18.2	17.9

Note : La force d'association mesurée par le *V de Cramer* est de 0.24, soit une relation moyenne. Les cas pour lesquels le résultat du calcul de la valeur-test est supérieur à 2 pour une p-value inférieure à 0.05 ont été mis en **gras** et indiquent une surreprésentation du type de carrière dans les cohortes. *Le type *Importation* n'est pas surreprésenté dans la cohorte de nomination de 2000, mais il l'est lorsque l'on considère l'ensemble des professeurs de l'année 2000 (N=342). Voir l'annexe 5.7.

Trois types de carrières sont significativement associés à une cohorte et trois autres sont distribués autour de la moyenne. En premier lieu, les carrières de type *nationale ordinaire* sont statistiquement corrélées aux professeurs de la cohorte de nomination de 1980. De plus, ce type de carrière montre une corrélation négative significative avec la cohorte de 1957. Ce modèle de carrière nationale impliquant un séjour postdoctoral de courte durée à l'étranger ainsi qu'une carrière de pré-stabilisation en Suisse d'en moyenne 9 ans pour accéder au poste de professeur ordinaire a fait son apparition entre ces deux dates. A l'inverse, les carrières de type *cursus honorum* sont quant à elles typiques de la cohorte des professeurs nommés jusqu'en 1957. Il est également corrélé négativement de manière significative avec l'année 2000. Une explication pourrait être que le type de carrière *nationale ordinaire* s'est progressivement substitué au type *cursus honorum* comme modèle de carrière académique nationale. Le dernier type caractéristique d'une période est le *localisme* qui est surreprésenté pour l'année 2000 et sous-représenté pour l'année 1980 en comparaison de sa distribution moyenne. Ainsi, les trajectoires académiques impliquant une très longue période dans des postes en pré-stabilisation semblent beaucoup plus nombreuses dans la période récente. Enfin, on peut encore noter que les carrières d'*importation* sont négativement associées à l'année 1957.

Pour la cohorte de 1957, les possibilités de carrières se situent ainsi entre les types de *cursus honorum* pour les professeurs ordinaires, *nationales associées* pour les professeurs associés et des larges possibilités de convertir des ressources extra-académiques en postes stabilisés. En 1980, la carrière typique pour l'accès au poste de professeur ordinaire s'est modifiée et correspond au type *nationale ordinaire*. La structure des carrières est plus hétérogène et diversifiée qu'en 1957 et tous les types sont probables à l'exception des carrières de *localisme*, l'année 2000 voit la disparition des anciennes structures de carrières type *cursus honorum* et l'apparition des carrières de type *localisme*. Sans que le localisme puisse être considéré comme un réel désavantage, il n'est plus une ressource au même titre que dans les années précédentes.

La distribution des types de carrières dans les années montre une transformation du modèle dominant des carrières pour les professeurs ordinaires. En d'autres termes, le chemin privilégié pour atteindre la plus haute fonction académique s'est modifié avec le temps. Les professeurs de l'année 1957 ont eu accès au poste de professeur ordinaire après une carrière de type *cursus honorum* caractérisée par une ascension rapide où se succèdent les postes de pré-stabilisation, de professeur extraordinaire puis ordinaire. En 1980, c'est le type de carrière *nationale ordinaire* qui domine avec un allongement de la période de pré-stabilisation mais une stabilisation directe au poste de professeur ordinaire. Enfin, les années 2000 sont marquée par une internationalisation des parcours des professeurs ordinaires avec le type *importation* qui devient représentatif de la cohorte si l'on considère uniquement les nouveaux professeurs à cette date. L'analyse des résultats de l'ACM menée sur les professeurs dans la première

partie du chapitre avait pu montrer un mouvement d'autonomisation dans le temps, marqué notamment par une internationalisation importante. Ici, l'analyse des carrières renforce ce constat en montrant une augmentation de la légitimité donnée au capital international accumulé lors de carrières relativement longues à l'étranger.

3.4 Les carrières peuvent-elles expliquer les profils des professeurs ?

Dans cette dernière partie, nous mettons en lien les types de carrières et les profils des professeurs issus des résultats de l'ACM menée sur l'espace des professeurs. D'abord, nous montrons qu'il existe une correspondance entre les types de carrières et les profils. Ensuite, nous mènerons une régression logistique binomiale sur les profils des professeurs en prenant la typologie des carrières comme variable explicative. L'hypothèse sous-jacente à cette dernière analyse est qu'il existe un lien structurel entre la forme et la temporalité de l'acquisition des ressources et la structure de la distribution des capitaux dans l'espace des professeurs.

Dans un premier temps, nous proposons de croiser simplement les deux typologies pour voir s'il existe des relations statistiquement significatives entre elles. Le tableau 4.10 montre que la distribution des carrières dans les types ne se fait pas aléatoirement et qu'il existe un lien entre les parcours et les positions occupées dans l'espace. Globalement, nos résultats montrent que le système d'évaluation tend clairement à favoriser les « meilleurs », c'est-à-dire ceux qui ont le plus de capital scientifique.

Tableau 4.10 Distribution des types de carrières dans les profils des professeurs (en %)

	Scientifiques consacres	Faiseurs de science	Scientifiques importes	Outsiders locaux	∅
Nationale ordinaire (N=160)	36.3	33.5	7.8	20.7	24.9
Nationale associée (N=112)	6.5	26.6	5.7	24.1	17.4
Cursus honorum (N=97)	34.7	9.9	9.9	11.5	15.1
Localisme (N=76)	4	12.3	2.8	24.1	11.8
Importation (N=82)	10.5	6.4	38.3	1.1	12.8
Conversions (N=115)	8.1	11.3	35.5	18.4	17.9
Total (N)	124	203	141	174	642

Note : La force d'association mesurée par le *V de Cramer* est de 0.38, soit une relation forte. Les modalités en **gras** sont celles qui sont surreprésentées dans les cohortes en comparaison de la distribution générale (*v-test* ≥ 2). Les cas pour lesquels le résultat du calcul de la valeur-test est supérieur à 2 pour une *p-value* inférieure à 0.05 ont été mis en gras et indiquent une surreprésentation du type de carrière dans les profils.

Chaque type de profil est significativement associé à deux types de carrières. Le profil du *scientifique consacré* est associé aux carrières *nationales ordinaires* ainsi qu'aux carrières de type *cursus honorum*. Le résultat du croisement des typologies montre que ces professeurs caractérisés par la détention d'un fort volume de capital scientifique et temporel sont aussi ceux qui ont mené des carrières nationales donnant accès à la fonction de professeur ordinaire relativement tôt dans la carrière. De nationalité suisse et ayant effectué leur doctorat en Suisse, ces professeurs ont effectué un séjour postdoctoral d'une durée assez courte dans une institution académique à l'international, sans que cette dernière ne soit nécessairement une institution d'élite. Dans ce premier cas, il semble que ce soit l'accumulation rapide de capital scientifique au niveau national qui ouvre les portes de la stabilisation en tant que professeur ordinaire de même qu'elle permet d'accéder aux comités des institutions de promotion et de financement de la science, ainsi qu'aux positions de pouvoir exécutif au sein des universités suisses.

Le profil du *faiseur de science* est associé aux carrières *nationales ordinaires* et *nationales associées*. Les professeurs détenteurs d'un fort volume de capital spécifique majoritairement scientifique ont

également suivi une carrière à forte dominance nationale, avec un séjour postdoctoral effectué à l'étranger, cette fois dans une institution d'élite ou dans un prestigieux centre de recherche intergouvernemental ou privé. A la différence des *scientifiques consacrés*, ils ne peuvent pas convertir les ressources acquises lors de leur carrière en positions de pouvoir temporel et institutionnel. Ils composent la fraction la plus *autonome* de l'espace des professeurs au travers du renforcement de leur capital scientifique par des ressources symboliques acquises par le biais de mobilités internationales.

Le profil du *scientifique importé* est associé aux types *importation* et *conversions*. Contrairement aux deux précédents pour lesquels les séjours internationaux demeurent de courte durée et peuvent agir comme un multiplicateur de reconnaissance symbolique dans l'espace, les *scientifiques importés* sont au bénéfice d'un capital scientifique et international essentiellement accumulé lors d'une carrière prolongée dans des pays autres que la Suisse. De nationalité étrangère et ayant obtenu leur doctorat également à l'étranger, ils n'ont pas nécessairement effectué de mobilité postdoctorale avant leur nomination en Suisse, très majoritairement à un poste stabilisé. Dans ce cas, c'est clairement le volume de capital international qui prédomine dans l'accès au poste de professeur, plus qu'un capital scientifique acquis par l'occupation de postes au sein de prestigieuses institutions académiques. Les *scientifiques importés* sont également ceux qui sont le plus associés aux carrières de *conversions*, ce qui indique que les très longues carrières internationales pourraient jouer un rôle similaire aux carrières extra-académiques. On pourrait ainsi argumenter que le capital international est, à l'image des ressources acquises hors de la sphère académique, possiblement *convertible* en capital symbolique.

Enfin, le type de *outsider local* est associé aux carrières de types *nationale associée* et *localisme*. Ce dernier profil est largement défini par l'ancrage local de sa carrière académique. Les professeurs qui possèdent le moins de ressources scientifiques, institutionnelles et internationales sont aussi ceux qui ont effectué la majeure partie de leur carrière à des postes non stabilisés.

Pour consolider ces résultats descriptifs, nous avons mené quatre régressions logistiques binomiales, chacune fonctionnant comme un modèle basé sur l'appartenance ou non à un type de profil. En d'autres termes, chacun des quatre modèles prend comme variable dépendante l'appartenance à l'un des quatre profils *versus* le fait de ne pas appartenir à cette classe de profil¹⁶⁰. L'utilisation de la régression possède deux avantages. Premièrement, elle donne des coefficients d'association entre les variables et permet ainsi de mesurer la force, ou l'importance relative du rôle joué par les différentes variables indépendantes. Deuxièmement, elle permet de contrôler ces effets par d'autres variables que nous avons identifiées comme jouant également un rôle important dans l'appartenance aux différents profils. Nous avons ainsi inclus les types de carrières comme variables explicatives, contrôlées par les variables illustratives de l'ACM : les disciplines, les cohortes de nomination, le sexe et l'âge de stabilisation en Suisse. Nous nous basons sur les coefficients des *Average marginal effects* (AME) pour comparer les résultats des quatre modèles (Mood 2010).

¹⁶⁰ La méthode utilisée pour évaluer le « fit » des modèles est un test de Hosmer-Lemeshow. Le test est non significatif pour les quatre modèles, c'est-à-dire que les résultats prédits par le test ne sont pas significativement différents des variables observées, ce qui confirme que le test est réussi.

Tableau 4.11 Régressions logistiques en quatre modèles basés sur les profils des professeurs

	Scientifiques consacrés (N=124)				Faiseurs de science (N=203)				Scientifiques importés (N=141)				Outsiders locaux (N=174)			
	Beta	Sig	exp(Beta)	AME	Beta	Sig	exp(Beta)	AME	Beta	Sig	exp(Beta)	AME	Beta	Sig	exp(Beta)	AME
(Intercept)	-1.40	---	---	---	-0.09	---	---	---	-2.84	***	---	---	-1.13	---	---	---
Biochimie	0.70		2.01	0.09	0.03		1.03	0.01	-0.21		0.81	-0.02	-0.47		0.63	-0.07
Biologie I	0.54		1.72	0.07	-0.43		0.65	-0.08	-0.38		0.68	-0.04	0.32		1.38	0.05
Biologie II	1.03	*	2.80	0.13	-0.03		0.97	-0.01	-0.94	*	0.39	-0.10	-0.25		0.78	-0.04
Chimie inorganique et physique	0.63		1.88	0.08	-0.42		0.66	-0.08	-0.29		0.75	-0.03	0.08		1.08	0.01
Chimie industrielle et analytique	0.17		1.19	0.02	-0.67		0.51	-0.12	-0.80		0.45	-0.09	0.80		2.23	0.13
Sciences naturelles médicales	0.98	*	2.66	0.13	-0.05		0.95	-0.01	-0.42		0.66	-0.05	-0.46		0.63	-0.07
Cohorte 1957	0.84	**	2.32	0.11	-1.17	**	0.31	-0.22	-0.51		0.60	-0.06	0.36		1.43	0.06
Cohorte 2000	-0.86	**	0.42	-0.11	0.73	***	2.08	0.13	1.18	***	3.25	0.13	-1.27	***	0.28	-0.20
Sexe	0.34		1.40	0.04	0.61		1.84	0.10	-1.25	*	0.29	-0.16	-0.11		0.90	-0.02
Age de nomination 35 > < 40 ans	-0.17		0.84	-0.02	-0.78	*	0.46	-0.14	1.07	**	2.92	0.12	0.15		1.16	0.02
Age de nomination 40 > < 45 ans	-0.60		0.55	-0.08	-1.21	***	0.30	-0.22	1.49	**	4.44	0.16	0.92	*	2.51	0.14
Age de nomination 45 ans >	-1.30	*	0.27	-0.17	-1.39	**	0.25	-0.26	1.91	***	6.75	0.21	1.10	*	3.00	0.17
Nationale associée	-1.71	***	0.18	-0.22	0.33		1.39	0.06	-0.03		0.97	0.00	0.71	*	2.03	0.11
Cursus honorum	0.16		1.17	0.02	-1.31	***	0.27	-0.24	1.92	***	6.82	0.21	-0.12		0.89	-0.02
Localisme	-0.94		0.39	-0.12	0.01		1.01	0.00	-1.32		0.27	-0.14	1.21	**	3.35	0.19
Importation	-0.77	*	0.46	-0.10	-1.81	***	0.16	-0.33	3.94	***	51.42	0.43	-2.27	**	0.10	-0.36
Conversions	-1.17	**	0.31	-0.15	-0.77	*	0.46	-0.14	2.29	***	9.87	0.25	-0.24		0.79	-0.04

Note : Les catégories de référence sont : chimie organique, cohorte de nomination 1980, homme, âge de nomination avant 35 ans et carrières de type *Nationale ordinaire*. Elles ont été choisies car ce sont les modalités dont les projections sont les plus « centrales » dans l'ACM de l'espace des professeurs.

Pour commenter les résultats de ces régressions, nous nous référerons principalement aux AME, qui peuvent être interprétés comme des taux de chance, ou des probabilités relatives. Autrement dit, le coefficient borné entre 0 et 1 indique le changement moyen des probabilités lorsque x augmente d'une unité par rapport à la catégorie de référence. Les résultats de ces coefficients sont proches de ceux pouvant être calculés à l'aide des valeurs prédites (*predicted values*) mais ont l'avantage de pouvoir être comparés entre les différents modèles, au contraire des premiers (Mood 2010, Leeper 2018).

Les régressions confirment le lien de corrélation entre les types de carrières et les profils des professeurs. Les carrières sont toujours comparées à la catégorie de référence *nationale ordinaire*. A une exception, les résultats confirment ceux du tableau croisé entre les deux typologies, et permettent de mesurer le degré d'importance joué par les carrières dans l'appartenance aux clusters des types de profils. Dans le cas du profil du *scientifique consacré*, il n'existe pas de différence significative entre les deux types identifiés précédemment comme associés à ce profil, les carrières *nationales ordinaires* et le *cursus honorum*. Par contre, les carrières internationales de type *importation* et *conversions* sont négativement corrélées à ce profil, les premières diminuant de 10% les chances relatives d'appartenir au cluster et les secondes de 15%. L'effet le plus fort est celui des carrières *nationales associées* qui diminuent ces chances de 22%. Les *faiseurs de sciences* sont des professeurs ayant effectué des carrières *nationales ordinaires* ou *nationales associées*, mais pas des carrières de *conversions* qui diminuent la probabilité de 14%, de *cursus honorum* (-24%) et d'*importation* (-33%). Les *scientifiques importés* sont davantage liés aux carrières de type *importation* qui augmentent les chances relatives de 43% d'appartenir à ce type de profil, aux carrières de *conversions* (25%) mais aussi aux carrières de *cursus honorum* (21%)¹⁶¹. Enfin, les carrières de *localisme* jouent un rôle significatif dans l'appartenance au profil de l'*outsider local* en augmentant la chance de 19%. C'est aussi le cas des carrières de type *nationale associée* qui augmentent les chances de 11%. Par contre, l'effet des carrières d'*importation* est clairement négatif (-36%).

¹⁶¹ Ce dernier résultat peut paraître surprenant. Il est principalement dû au fait que ces dernières se différencient des carrières *nationales ordinaires* en incluant davantage de mobilité internationale. En particulier pour l'année 1957, où les carrières d'importation sont quasi inexistantes, c'est au sein du type *cursus honorum* que l'on retrouve les carrières internationales.

Dans cette régression, le rôle des types de carrières dans l'appartenance aux clusters des profils des professeurs est contrôlé par plusieurs variables, la première étant les sous-disciplines. Celles-ci ont une importance assez marginale, à deux exceptions près. En prenant comme référence la discipline de la chimie organique, les professeurs de biologie II ont 13% de chances supplémentaires d'être des *scientifiques consacrés*, et 10% de chances en moins d'être des *scientifiques importés*. Les professeurs de sciences naturelles médicales sont également plus enclins à faire partie des *scientifiques consacrés* avec 13% de chances en plus que les professeurs de chimie organique.

En considérant maintenant l'ensemble des variables de la régression pour chacun des modèles, on peut définir les types de profils selon les critères suivants. Les chances relatives de faire partie des *scientifiques consacrés* augmentent de 13% lorsque la discipline est la biologie II. Elles augmentent également de 11% lorsque le professeur est nommé jusqu'en 1957 comparé à la cohorte de nomination de 1980 mais diminuent du même taux (11%) lorsque le professeur est nommé à partir de 2000. L'âge de stabilisation ne joue pas de rôle significatif sauf dans les cas où le professeur est nommé après 45 ans (-17%). Les professeurs qui concentrent le plus de capital spécifique (scientifique et institutionnel) sont ceux dont la carrière est essentiellement nationale et a donné lieu à une stabilisation avant les années 2000 en tant que professeur de biologie II ou de sciences naturelles médicales.

Dans le cas des *faiseurs de science*, la sous-discipline ne joue pas de rôle significatif. C'est par contre le cas de la cohorte de nomination (+13% pour la cohorte de 2000 et -22% pour la cohorte de 1957) et de l'âge de nomination avec un effet qui s'accroît avec l'âge (-14% pour une nomination de 35 à 40 ans, -22% de 40 à 45 ans et -26% au-delà de 45 ans). Dans la période récente, les professeurs détenant le plus de capital scientifique sont aussi les professeurs nommés le plus tôt dans leur carrière après une carrière essentiellement nationale ayant inclus un bref séjour dans une institution d'élite à l'étranger.

Les *scientifiques importés* sont clairement corrélés aux carrières internationales mais aussi au type *conversions*. Nous avons relevé que les carrières de type *importation* et *cursus honorum*, qui sont associées significativement à ce profil, étaient celles qui permettaient l'accès le plus rapide à la stabilisation au poste de professeur ordinaire. Or, la régression montre qu'il est plus probable d'appartenir à ce groupe de professeurs si l'âge de nomination est élevé. Les professeurs nommés entre 35 et 40 ans ont 12% de plus de chances de faire partie des *scientifiques importés* que les professeurs nommés avant 35 ans. Ceux qui sont stabilisés entre 40 et 45 ans ont encore plus de chances (16%) et le taux monte jusqu'à 21% pour les professeurs nommés après 45 ans. Cela est certainement dû aux professeurs ayant effectué une carrière de type *conversions* qui compte pour plus d'un tiers de l'effectif de ce type de profil (35.5%). La caractéristique de ce modèle est justement une stabilisation tardive, en moyenne après 45 ans. Le type *cursus honorum* en comparaison représente 9.9% de l'effectif, et le type *importation* 38.3%. L'impact de la cohorte de nomination est aussi important ici, la cohorte de 2000 augmentant les probabilités de 13%. Toutes choses égales par ailleurs, un âge de nomination élevé favorise l'appartenance à ce cluster et contraste directement avec le cluster des *faiseurs de science*.

Enfin, la cohorte de nomination de 2000 diminue de 20% la chance de figurer au sein des *outsiders locaux*, ce qui confirme que ce profil est plutôt associé aux années 1957 à 1980. Les probabilités augmentent avec l'âge de stabilisation (14% pour une nomination entre 40 et 45 ans et 17% pour une nomination après 45 ans), ce qui reflète la longévité des carrières en pré-stabilisation. Le type de carrière *localisme* est, lui, plutôt typique des années 2000 alors que le profil concerne davantage des professeurs des années 1957 et 1980.

4. Autonomisation de l'espace : renforcement des logiques scientifiques et internationales

Dans ce quatrième chapitre, nous avons proposé une analyse des professeurs de biologie et de chimie en termes de positions, de capitaux et de carrières. L'enjeu principal était de comprendre dans quelle mesure les différenciations et les rapprochements institutionnels des disciplines présentés dans le chapitre précédent, notamment l'affirmation de la biologie fonctionnelle et de la biologie moléculaire, se reflétaient dans la structure des positions des professeurs et étaient associés à une distribution inégale des ressources ainsi qu'à des chemins d'accès aux postes stabilisés relativement balisés. Nous avons pour cela mobilisé le concept d'autonomie relative (Bourdieu 2001, Gingras & Gemme 2006, Gingras 2012) qui, appliqué dans le contexte d'une analyse de champ (Bourdieu 1984b), s'est révélé d'un apport certain pour mieux comprendre les dynamiques d'autonomisation de certaines fractions de l'espace des professeurs. Au-delà des différences épistémologiques, méthodologiques et techniques entre les différents domaines de la biologie et de la chimie, nous nous sommes interrogé sur les dynamiques sociales de distinction qui participent à créer les hiérarchies scientifiques au sein de l'espace académique et qui sont la base des relations de pouvoir entre agents dominants et dominés de cet espace (Bourdieu 2001, Gingras 2013).

La perspective relationnelle adoptée dans ce chapitre a permis d'apporter un éclairage supplémentaire à l'analyse des transformations des cadres de l'activité scientifique en montrant que le xx^e siècle ne se caractérisait pas par une *rupture* des modes de production du savoir (Gibbons et al. 1994, Etzkowitz & Leydesdorff 2000, Nowotny et al. 2003), mais par une tendance à l'autonomisation des logiques scientifiques, renforcée par l'internationalisation des professeurs. Dans un premier temps, nous avons cherché à rendre compte de l'espace des relations objectives entre les positions occupées par les professeurs (Bourdieu 1984a). La première partie de ce chapitre a ainsi été consacrée à l'analyse de cet espace au travers d'une analyse des correspondances multiples (ACM) menée sur les cohortes de 1957, 1980 et 2000. Nous avons pu dégager quatre profils illustrant quatre types de configurations spécifiques de capitaux : les *scientifiques consacrés*, les *faiseurs de science*, les *scientifiques importés* et les *outsiders locaux*. Pour tenter de saisir les logiques propres aux disciplines, nous avons projeté les sous-disciplines dans l'espace global, puis mené des analyses sur les espaces de la biologie et de la chimie séparément. Dans un second temps, nous nous sommes concentré sur les carrières des professeurs en exploitant des données récoltées pour chaque année de la carrière entre 20 et 50 ans. En utilisant une analyse de séquences menée sur les carrières des professeurs, nous avons d'abord montré la distribution et l'évolution générale des trajectoires, que nous avons ensuite regroupées en six types distincts.

Trois points conclusifs peuvent être formulés à la fin de ce chapitre, dont l'objectif a été de comprendre comment les transformations institutionnelles des disciplines présentées dans le chapitre 3, et en particulier l'affirmation de la biologie moléculaire, pouvaient s'inscrire dans des structures proprement sociales, entre logiques de champ et logiques disciplinaires. Un *premier résultat* général est que les professeurs se distinguent selon des logiques similaires à celles du champ académique (Bourdieu 1984a) dans lequel ils s'inscrivent. L'espace des professeurs est structuré selon des oppositions reflétant la structure et le volume global de capital (scientifique, institutionnel, international et extra-académique). D'un côté, une fraction *autonome* concentre les ressources liées à la détention principalement de capital scientifique et, de l'autre, une fraction plus *hétéronome* est occupée par des professeurs possédant un capital spécifique plus diversifié, se caractérisant en particulier par la détention de capital extra-académique, mais aussi institutionnel mesuré par l'occupation de fonctions exécutives dans les institutions académiques. Dans une dynamique temporelle, l'espace s'autonomise notamment par une augmentation de l'internationalisation des professeurs (Q1). La comparaison des

trois cohortes de professeurs montre une perte d'importance des profils de professeurs les plus diversifiés (les *scientifiques consacrés* et les *outsiders locaux*) au profit des profils principalement définis par une détention de capitaux scientifique et international (les *faiseurs de science* et les *scientifiques importés*). Cette dynamique semble suivre l'internationalisation du champ scientifique (Gingras 2002, Goastellec & Pekari 2013) qui, bien que touchant les disciplines de manière différenciés en fonction de l'importance donnée à l'ancrage local des parcours professionnels et académiques, renforce un processus de fermeture du champ sur des critères autonomes d'évaluation de la production scientifique. Malgré cette internationalisation, la fraction dominante de l'espace demeure longtemps caractérisée par un ancrage fortement national, ce qui maintient une distinction avec les professeurs les plus internationalisés qui détiennent moins de ressources scientifiques et institutionnelles. Les structures d'opposition qui ressortent de l'analyse de l'espace des professeurs de biologie et de chimie montrent cependant que ce dernier n'est pas tout à fait analogue au champ académique analysé par Bourdieu (1984a), puisqu'elles mettent en évidence une coexistence de deux types de capital institutionnel (**Q2**). Si les fonctions de doyen et de recteur confèrent un pouvoir temporel qui s'oppose à la détention de capital scientifique, celles de membre des organisations de promotion et de financement de la science semblent mieux se combiner avec ce dernier.

Au sein de cet espace, les disciplines et sous-disciplines sont hiérarchisées entre elles, de manière plus marquée dans le cas de la biologie que dans celui de la chimie. La distinction entre la biologie I et la biologie II identifiée par la littérature (Gros 1993, Stettler 2002, Morange 2016) et les pouvoirs institutionnels nationaux (FNS et ASSN) se reflète ainsi dans l'espace des positions. L'autonomie disciplinaire acquise par la biologie moléculaire, c'est-à-dire la légitimité dont elle dispose en lien avec la concentration particulière de capital symbolique de ses professeurs, renforce sa domination sur la biologie *historique* mais également sur les disciplines de la chimie, qui sont caractérisées par une détention plus importante de capital international, sans pour autant qu'elle se traduise dans une reconnaissance symbolique aussi importante que pour la biologie moléculaire (**Q3**). Ainsi, la *rationalité* (Gros 1993) véhiculée par la biologie moléculaire semble bien être la source d'une distinction entre une biologie *molécularisée* et une autre, qui se retrouve dans l'espace des positions.

Pour autant, ces dynamiques de pouvoir ne sont pas propres aux disciplines, et un *deuxième résultat* concerne la manière dont les logiques disciplinaires s'ancrent dans les structures du champ académique. L'analyse des positions occupées dans l'espace a montré comment les principes de distinction basés sur la distribution des capitaux des professeurs se retrouvaient au niveau agrégé des disciplines. Les *class specific analysis (CSA)* menées indépendamment sur les professeurs de biologie et de chimie montrent une association très forte entre leur principale logique de structure et celle de l'espace total. En d'autres termes, ce qui distingue les biologistes entre eux, de même que les chimistes entre eux, est très similaire à ce qui distingue l'ensemble des professeurs. Dans les trois cas, les dynamiques d'opposition se basent en premier lieu sur la structure du capital, séparant les espaces entre un pôle *autonome* et un pôle plus diversifié, ou *hétéronome*. La biologie et la chimie présentent des modalités différentes quant au second axe d'opposition : les professeurs de biologie se distinguent selon le volume global de capital, alors que les professeurs de chimie se distinguent sur le critère du capital scientifique. Cette distinction renvoie aux différences de fonctionnement des disciplines. La biologie, davantage diversifiée en de multiples sous-disciplines et surtout divisée en deux pôles, est structurée par un capital plus diversifié que la chimie, plus homogène, et dont le second axe d'opposition repose uniquement sur la structure du capital scientifique.

Un *troisième résultat* concerne la structure changeante des carrières des professeurs et les formes d'internationalisation. A partir d'une typologie des trajectoires professionnelles des professeurs, il a été possible de montrer comment les chemins d'accès à l'élite de la biologie et de la chimie pouvaient

varier avec le temps, et de quelle manière ces chemins pouvaient être reliés à des positions particulières dans l'espace. De manière générale, l'analyse des carrières vient confirmer trois tendances soulignées par la littérature. Premièrement, l'obtention d'un titre de doctorat apparaît comme une condition obligatoire pour amorcer une carrière académique (Enders & De Weert 2004, Enders 2005). Deuxièmement, on constate une généralisation de la période postdoctorale qui concerne l'ensemble des disciplines (Brechelmacher et al. 2015, Fumasoli et al. 2015), mais aussi un allongement de la période de pré-stabilisation (Fumasoli et Goastellec 2015a) avec la prédominance des carrières de *localisme* en 2000. Troisièmement, nos analyses rejoignent le constat d'une formalisation des carrières sur des critères proprement académiques (Goastellec & Benninghoff 2011) puisqu'il devient de plus en plus difficile de convertir l'expérience extra-académique dans l'obtention d'un poste de professeur.

Notre analyse a fait ressortir six types de carrières, dont certains semblent favoriser l'accès à des positions spécifiques dans l'espace. Les *scientifiques consacrés* sont associés aux carrières du type *nationales ordinaires* ainsi qu'aux carrières du type *cursus honorum*. Ainsi, la figure dominante dans l'espace pour les années 1957 et 1980 a tendance à effectuer des carrières nationales et rapides, c'est-à-dire avec une stabilisation tôt dans le parcours, et propose un type de temporalité qui renvoie à une définition spécifique du « potentiel » comme marque de reconnaissance symbolique permettant l'accès aux positions les plus prestigieuses (Bühlmann 2008, Merton 1968, Sapin et al. 2007). A l'inverse, les carrières décrivant une progression lente dans la hiérarchie des positions, telles que les carrières de *localisme*, tendent à limiter la possibilité d'accéder au poste de professeur ordinaire. Finalement, le caractère local des carrières semble moins déterminant que leur rythme et leur temporalité.

L'internationalisation des parcours peut également être interprétée sous deux formes différentes en fonction principalement de leur durée (**Q4**). Les mobilités internationales semblent devenues une quasi-condition d'accès à la stabilisation dans la période récente, et les séjours dans des institutions d'élites ou des grands centres de recherche internationaux renforcent clairement le capital scientifique et participent à l'identification de l'excellence académique (Fumasoli et al. 2015). Néanmoins, pour les professeurs non suisses, cette internationalisation peut aussi prendre la forme d'une accumulation de capital international pouvant être converti dans l'obtention d'un poste de professeur en Suisse, sans que la mobilité géographique soit un critère déterminant. On retrouve ainsi d'un côté, des mobilités internationales de courte durée qui agissent comme renfort du capital scientifique et, de l'autre, des carrières prolongées à l'étranger qui peuvent être interprétées comme une accumulation de capital international convertible dans l'obtention d'un poste stabilisé en Suisse.

Ces liens entre carrières et positions sont suffisamment forts pour freiner l'accès aux positions dominantes des cas plus atypiques. L'exemple des femmes professeures montre en effet qu'un groupe caractérisé par des carrières essentiellement locales, et surtout lentes, aura beaucoup de difficulté à accéder aux positions les plus prestigieuses de la hiérarchie académique. La détention de certaines ressources, telles qu'un fort capital international ou institutionnel, peut permettre de pallier le plafond de verre. Néanmoins, ces cas restent rares et nos analyses semblent corroborer le constat général de plus grande précarité des carrières féminines quels que soient la discipline ou le contexte national (Lefevre et al. 2018, Ecklund et al. 2012). Nos résultats soulignent en effet que la majorité des femmes professeures reste affectée par la difficulté accrue de convertir l'expérience accumulée localement en poste de professeure ordinaire.

Finalement, l'analyse des carrières des professeurs n'a pas montré de distinction significative du point de vue des disciplines elles-mêmes, bien que certaines formes de carrières favorisent l'occupation de certaines positions, elles-mêmes représentatives de certaines disciplines. En ce sens, il apparaît que ce ne sont pas les disciplines qui font les carrières, mais que la forme de celles-ci s'inscrit d'abord dans la

structure changeante du champ académique, preuve de l'autonomie persistante de ce dernier. Les travaux sur les carrières qui s'inscrivent dans la perspective institutionnelle présentée dans le premier chapitre accordent aux disciplines, en tant que systèmes institutionnels, un rôle important dans la gestion des carrières et dans l'accès aux positions académiques (Kaulish & Enders 2005, Fumasoli & Goastellec 2015a, Gorda & Leresche 2015). Nos résultats nuancent un peu cette perspective en montrant qu'à un niveau structural, les changements dans les formes et les temporalités des carrières académiques dépendent davantage du degré d'autonomie du champ académique que des disciplines elles-mêmes.

5. Annexes

5.1 Echantillon des professeurs (1957-2000)

Dimension	Modalité	Année 1957	Année 1980	Année 2000	Total	
Capital scientifique	Effectifs	97	285	264	642	
	Prix scientifique					
	Oui	26	58	50	134	
	Non	71	223	214	508	
	Position maximale atteinte					
	Professeur extraordinaire	34	101	100	235	
	Professeur ordinaire	63	180	164	407	
	Institution du séjour postdoctoral					
	Institution d'élite	5	64	67	136	
	Autre institution	27	91	113	231	
	Non	65	126	84	275	
	Position dans un centre de recherche national					
	Oui	5	29	31	65	
	Non	92	252	233	577	
Capital institutionnel et extra-académique	Position dans un centre de recherche intergouvernemental ou indépendant					
	Oui	3	23	49	75	
	Non	94	258	215	567	
	Membre du comité de l'ASSN ou du FNS					
	Oui	19	47	21	87	
	Non	78	234	243	555	
	Position de doyen ou de recteur					
	Oui	58	75	34	167	
	Non	39	206	230	475	
	Membre d'une commission extra-parlementaire					
	Oui	17	33	12	62	
	Non	80	248	252	580	
	Capital international	Position extra-académique				
		Laboratoire In-House	18	39	23	80
Autres entités		14	42	13	69	
Non		65	200	228	493	
Pays du doctorat						
Suisse		77	225	149	451	
Limitrophe		17	35	53	105	
Autre		3	21	62	86	
Durée de la carrière à l'étranger avant stabilisation en Suisse						
1-4 ans		19	111	117	247	
5-9 ans		14	41	58	113	
10 ans et plus		5	25	40	70	
Non		59	104	49	212	
Temporalité		Année				
	1957	97	0	0	97	
	1980	0	281	0	281	
	2000	0	0	264	264	
	Cohorte 1957					
	Oui	97	0	0	97	
Non	0	281	264	545		

	Cohorte 1980				
	Oui	14	281	0	295
	Non	83	0	264	347
	Cohorte 2000				
	Oui	0	78	264	342
	Non	97	203	0	300
Sociodémographiques	Nationalité				
	Suisse	70	209	143	422
	Pays anglophones	1	11	31	43
	Pays francophones	5	10	11	26
	Pays germanophones	15	30	46	91
	Autres pays	5	18	22	45
	Manquante	1	3	11	15
	Sexe				
	H	96	275	246	617
	F	1	6	18	25
	Age de stabilisation en Suisse				
	< 35 ans	33	58	34	125
	35 > < 40 ans	26	113	83	222
	40 > < 45 ans	17	75	88	180
	> 45 ans	21	35	59	115
Disciplines	Biologie ou chimie				
	Biologie	45	172	176	393
	Chimie	52	109	88	249
	Disciplines				
	Biologie+Chimie	1	23	16	40
	Biologie	35	102	95	232
	Chimie	48	104	83	235
	Sc.Nat.Med	13	52	70	135
	Sous-disciplines				
	Biochimie	2	45	41	88
	Biologie I	19	41	34	94
	Biologie II	16	61	61	138
	Chimie inorganique et physique	21	48	44	113
	Chimie organique	22	35	30	87
	Chimie industrielle et analytique	5	21	9	35
	Sciences naturelles médicales	12	30	45	87
	Domaines				
	Biologie animale	18	41	27	86
	Biologie végétale	17	33	26	76
	Microbiologie	10	98	123	231
	Chimie inorganique et physique	21	48	44	113
	Chimie organique	26	40	35	101
	Chimie industrielle et analytique	5	21	9	35
	Echelles				
	Echelle macro (biologie)	19	41	34	94
	Echelle micro (biologie)	24	66	62	152
	Echelle moléculaire (biologie)	2	65	80	147
	Echelle fondamentale (chimie)	21	48	44	113
	Echelle R&D (chimie)	26	40	35	101
	Echelle appliquée (chimie)	5	21	9	35

5.2 Modalités contributives de l'ACM principale

Dimension 1. (+)

	Ctr	Coord
Pré.stabilisation.à.l.étranger: Non	22.3	1.16
Séjour.postdoctoral: Non	11.0	0.71
Doyen.ou.recteur: Oui	5.4	0.64
Commission.extra.parlementaire: Oui	4.1	0.92
Pays.du.doctorat: Suisse	3.7	0.32

Dimension 1. (-)

	Ctr	Coord
Centre.de.recherche.national: Oui	7.5	-1.21
Pré.stabilisation.à.l.étranger: 10ansEtPlus	6.3	-1.07
Pré.stabilisation.à.l.étranger: 5-9ans	5.1	-0.76
Pays.du.doctorat: Autre	4.5	-0.81
Séjour.postdoctoral: Institution d'élite	4.4	-0.64
Pays.du.doctorat: Limitrophe	4.3	-0.73
Séjour.postdoctoral: Autre institution	4.0	-0.47
Centre.de.recherche.intergouvernemental: Oui	4.0	-0.82

Dimension 2. (+)

	Ctr	Coord
Pré.stabilisation.à.l.étranger: 1-4ans	13.0	0.75
Membre.ASSN.ou.FNS: Oui	12.9	1.26
Prix.scientifique: Oui	9.2	0.86
Pays.du.doctorat: Suisse	5.2	0.35
Séjour.postdoctoral: Institution d'élite	4.0	0.57
Centre.de.recherche.intergouvernemental: Oui	4.0	0.76
Séjour.postdoctoral: Autre institution	3.8	0.42

Dimension 2. (-)

	Ctr	Coord
Séjour.postdoctoral: Non	10.3	-0.64
Pays.du.doctorat: Limitrophe	10.3	-1.03
Pré.stabilisation.à.l.étranger: 10ansEtPlus	6.4	-0.99

The contribution of the active variables

	Dim.1	Dim.2	Freq
Centre.de.recherche.intergouvernemental			
Centre.de.recherche.intergouvernemental: Non	0.5	0.5	567
Centre.de.recherche.intergouvernemental: Oui	4	4	75
Total	4.5	4.5	642

	Dim.1	Dim.2	Freq
Centre.de.recherche.national			
Centre.de.recherche.national: Non	0.8	0.1	577
Centre.de.recherche.national: Oui	7.5	0.9	65
Total	8.3	1.0	642

	Dim.1	Dim.2	Freq
Commission.extra.parlementaire			
Commission.extra.parlementaire: Non	0.4	0.2	580
Commission.extra.parlementaire: Oui	4.1	1.6	62
Total	4.5	1.8	642

Doyen.ou.recteur	Dim.1	Dim.2	Freq
Doyen.ou.recteur: Non	1.9	1.1	475
Doyen.ou.recteur: Oui	5.4	3.3	167
Total	7.3	4.4	642
Membre.ASSN.ou.FNS	Dim.1	Dim.2	Freq
Membre.ASSN.ou.FNS: Non	0.3	2.0	555
Membre.ASSN.ou.FNS: Oui	1.7	12.9	87
Total	2.0	14.9	642
Pays.du.doctorat	Dim.1	Dim.2	Freq
Pays.du.doctorat: Suisse	3.7	5.2	451
Pays.du.doctorat: Limitrophe	4.3	10.3	105
Pays.du.doctorat: Autre	4.5	2.8	86
Total	12.5	18.3	642
Position.extra.académique	Dim.1	Dim.2	Freq
Position.extra.académique: Lab In-House	1	0	80
Position.extra.académique: Non	1.0	0.2	493
Position.extra.académique: Autre	2.6	1.0	69
Total	4.6	1.2	642
Pré.stabilisation.à.l.étranger	Dim.1	Dim.2	Freq
Pré.stabilisation.à.l.étranger: Non	22.3	2.5	212
Pré.stabilisation.à.l.étranger: 1-4ans	2.3	13.0	247
Pré.stabilisation.à.l.étranger: 10ansEtPlus	6.3	6.4	70
Pré.stabilisation.à.l.étranger: 5-9ans	5.1	1.4	113
Total	36.0	23.3	642
Prix.scientifique	Dim.1	Dim.2	Freq
Prix.scientifique: Non	0.0	2.4	508
Prix.scientifique: Oui	0.1	9.2	134
Total	0.1	11.6	642
Professeur	Dim.1	Dim.2	Freq
Professeur: Extraordinaire	0.3	0.6	235
Professeur: Ordinaire	0.2	0.3	407
Total	0.5	0.9	642
Séjour.postdoctoral	Dim.1	Dim.2	Freq
Séjour.postdoctoral: Institution d'élite	4.4	4.0	136
Séjour.postdoctoral: Non	11.0	10.3	275
Séjour.postdoctoral: Autre institution	4.0	3.8	231
Total	19.4	18.1	642

Average contribution per modality: 3.7

Total number of individuals: 642

5.3 Modalités contributives de la CSA pour les professeurs de biologie (N=393)

Dimension 1. (+)		
	Ctr	Coord
Position.extra.académique: Autre	16.4	1.82
Pré.stabilisation.à.l.étranger: Non	16.2	1.04
Séjour.postdoctoral: Non	9.8	0.71
Commission.extra.parlementaire: Oui	7.4	1.29

Dimension 1. (-)		
	Ctr	Coord
Centre.de.recherche.intergouvernemental: Oui	11.0	-1.43
Centre.de.recherche.national: Oui	7.3	-1.26
Pré.stabilisation.à.l.étranger: 10ansEtPlus	4.2	-0.92
Séjour.postdoctoral: Autre institution	4.1	-0.50

Dimension 2. (+)		
	Ctr	Coord
Membre.ASSN.ou.FNS: Oui	18.4	1.60
Doyen.ou.recteur: Oui	7.0	0.71
Pays.du.doctorat: Suisse	6.5	0.42
Prix.scientifique: Oui	6.3	0.76
Centre.de.recherche.intergouvernemental: Oui	6.2	1.01
Commission.extra.parlementaire: Oui	4.9	0.98
Pré.stabilisation.à.l.étranger: 1-4ans	4.6	0.48

Dimension 2. (-)		
	Ctr	Coord
Pays.du.doctorat: Limitrophe	11.4	-1.15
Pré.stabilisation.à.l.étranger: 10ansEtPlus	6.6	-1.07
Pays.du.doctorat: Autre	4.5	-0.80
Séjour.postdoctoral: Non	4.2	-0.43

The contribution of the active variables

	Dim.1	Dim.2	Freq
Centre.de.recherche.intergouvernemental			
Centre.de.recherche.intergouvernemental: Non	1.5	0.8	332
Centre.de.recherche.intergouvernemental: Oui	11.0	6.2	61
Total	12.5	7.0	393

	Dim.1	Dim.2	Freq
Centre.de.recherche.national			
Centre.de.recherche.national: Non	0.8	0.3	349
Centre.de.recherche.national: Oui	7.3	2.4	44
Total	8.1	2.7	393

	Dim.1	Dim.2	Freq
Commission.extra.parlementaire			
Commission.extra.parlementaire: Non	0.8	0.5	350
Commission.extra.parlementaire: Oui	7.4	4.9	43
Total	8.2	5.4	393

	Dim.1	Dim.2	Freq
Doyen.ou.recteur			
Doyen.ou.recteur: Non	0.5	2.5	310
Doyen.ou.recteur: Oui	1.5	7.0	83
Total	2.0	9.5	393

Membre.ASSN.ou.FNS	Dim.1	Dim.2	Freq
Membre.ASSN.ou.FNS: Non	0.0	2.9	335
Membre.ASSN.ou.FNS: Oui	0.0	18.4	58
Total	0.0	21.3	393

Pays.du.doctorat	Dim.1	Dim.2	Freq
Pays.du.doctorat: Suisse	1.3	6.5	278
Pays.du.doctorat: Limitrophe	0.5	11.4	64
Pays.du.doctorat: Autre	3.2	4.5	51
Total	5.0	22.4	393

Position.extra.académique	Dim.1	Dim.2	Freq
Position.extra.académique: Lab In-House	0	0	36
Position.extra.académique: Non	2.2	0.0	300
Position.extra.académique: Autre	16.4	0.2	57
Total	18.6	0.2	393

Pré.stabilisation.à.l.étranger	Dim.1	Dim.2	Freq
Pré.stabilisation.à.l.étranger: Non	16.2	0.0	119
Pré.stabilisation.à.l.étranger: 1-4ans	3.0	4.6	154
Pré.stabilisation.à.l.étranger: 10ansEtPlus	4.2	6.6	45
Pré.stabilisation.à.l.étranger: 5-9ans	1.8	1.6	75
Total	25.2	12.8	393

Prix.scientifique	Dim.1	Dim.2	Freq
Prix.scientifique: Non	0.3	1.7	322
Prix.scientifique: Oui	1.3	6.3	71
Total	1.6	8.0	393

Professeur	Dim.1	Dim.2	Freq
Professeur: Extraordinaire	1.1	1.8	147
Professeur: Ordinaire	0.6	1.0	246
Total	1.7	2.8	393

Séjour.postdoctoral	Dim.1	Dim.2	Freq
Séjour.postdoctoral: Institution d'élite	3.3	0.3	84
Séjour.postdoctoral: Non	9.8	4.2	150
Séjour.postdoctoral: Autre institution	4.1	3.3	159
Total	17.2	7.8	393

Average contribution per modality: 3.7

Total number of individuals: 393

5.4 Modalités contributives de la CSA pour les professeurs de chimie (N=249)

Dimension 1. (+)

	Ctr	Coord
Pré.stabilisation.à.l.étranger: Non	24.8	1.23
Séjour.postdoctoral: Non	16.6	0.89
Doyen.ou.recteur: Oui	7.1	0.74
Position.extra.académique: Lab In-House	7.0	1.07

Dimension 1. (-)

	Ctr	Coord
Séjour.postdoctoral: Institution d'élite	8.0	-0.88
Séjour.postdoctoral: Autre institution	5.1	-0.54
Pré.stabilisation.à.l.étranger: 1-4ans	5.0	-0.51
Pré.stabilisation.à.l.étranger: 10ansEtPlus	4.1	-0.88

Dimension 2. (+)

	Ctr	Coord
Pré.stabilisation.à.l.étranger: 1-4ans	15.7	0.82
Prix.scientifique: Oui	9.3	0.85
Pays.du.doctorat: Suisse	7.9	0.43
Professeur: Extraordinaire	6.5	0.54
Séjour.postdoctoral: Institution d'élite	4.9	0.61

Dimension 2. (-)

	Ctr	Coord
Pré.stabilisation.à.l.étranger: 10ansEtPlus	14.6	-1.48
Pays.du.doctorat: Limitrophe	13.6	-1.16
Pays.du.doctorat: Autre	5.6	-0.83
Séjour.postdoctoral: Non	4.6	-0.42
Pré.stabilisation.à.l.étranger: 5-9ans	4.2	-0.62
Professeur: Ordinaire	3.8	-0.31

Dimension 3. (+)

	Ctr	Coord
Position.extra.académique: Lab In-House	45.2	2.24
Doyen.ou.recteur: Non	4.1	0.28
Pays.du.doctorat: Autre	3.7	0.62

Dimension 3. (-)

	Ctr	Coord
Doyen.ou.recteur: Oui	11.5	-0.78
Position.extra.académique: Non	8.2	-0.39
Prix.scientifique: Oui	7.5	-0.71
Membre.ASSN.ou.FNS: Oui	7.3	-0.86

The contribution of the active variables

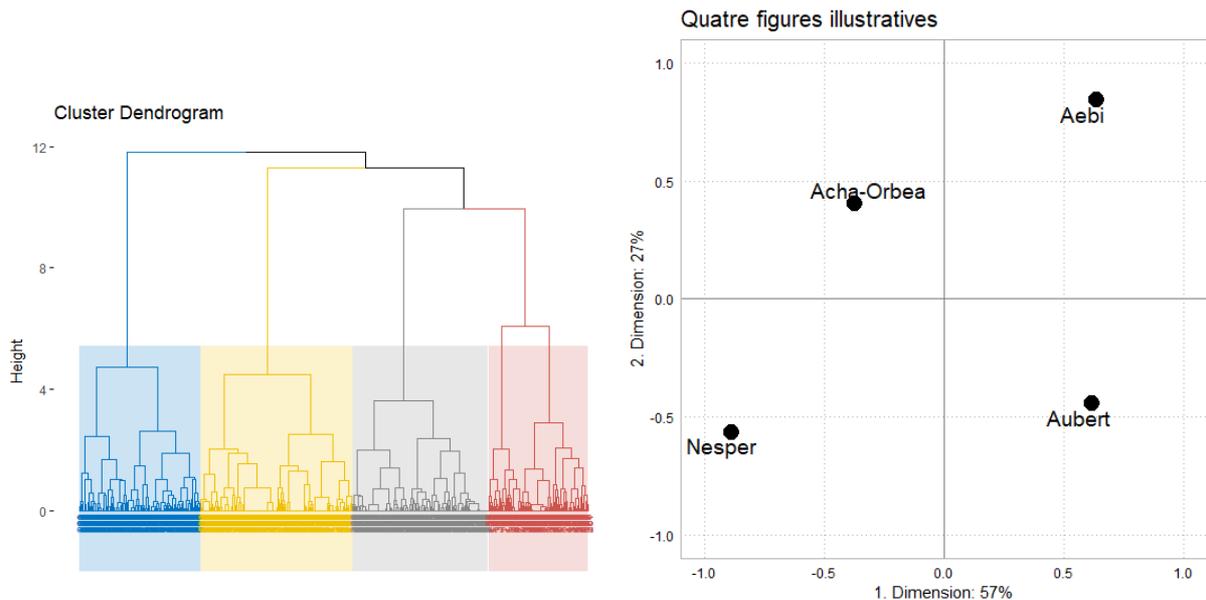
	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Freq
Centre.de.recherche.intergouvernemental				
Centre.de.recherche.intergouvernemental: Non	0.1	0.0	0.0	235
Centre.de.recherche.intergouvernemental: Oui	0.5	0.3	0.0	14
Total	0.6	0.3	0.0	249

Centre.de.recherche.national	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Freq
Centre.de.recherche.national: Non	0.3	0.2	0.0	228
Centre.de.recherche.national: Oui	3.1	1.7	0.0	21
Total	3.4	1.9	0.0	249
Commission.extra.parlementaire	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Freq
Commission.extra.parlementaire: Non	0.0	0.0	0.1	230
Commission.extra.parlementaire: Oui	0.1	0.0	1.0	19
Total	0.1	0.0	1.1	249
Doyen.ou.recteur	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Freq
Doyen.ou.recteur: Non	2.5	0.3	4.1	165
Doyen.ou.recteur: Oui	7.1	0.9	11.5	84
Total	9.6	1.2	15.6	249
Membre.ASSN.ou.FNS	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Freq
Membre.ASSN.ou.FNS: Non	0.4	0.2	1.1	220
Membre.ASSN.ou.FNS: Oui	2.7	1.2	7.3	29
Total	3.1	1.4	8.4	249
Pays.du.doctorat	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Freq
Pays.du.doctorat: Suisse	2.2	7.9	0.2	173
Pays.du.doctorat: Limitrophe	3.6	13.6	0.7	41
Pays.du.doctorat: Autre	1.8	5.6	3.7	35
Total	7.6	27.1	4.6	249
Position.extra.académique	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Freq
Position.extra.académique: Lab In-House	7.0	0.9	45.2	44
Position.extra.académique: Non	0.7	0.2	8.2	193
Position.extra.académique: Autre	0.3	0.0	0.2	12
Total	8.0	1.1	53.6	249
Pré.stabilisation.à.l.étranger	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Freq
Pré.stabilisation.à.l.étranger: Non	24.8	0.3	0.2	93
Pré.stabilisation.à.l.étranger: 1-4ans	5.0	15.7	0.1	93
Pré.stabilisation.à.l.étranger: 10ansEtPlus	4.1	14.6	0.0	25
Pré.stabilisation.à.l.étranger: 5-9ans	3.7	4.2	0.1	38
Total	37.6	34.8	0.4	249
Prix.scientifique	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Freq
Prix.scientifique: Non	0.0	2.5	2.0	186
Prix.scientifique: Oui	0.0	9.3	7.5	63
Total	0.0	11.8	9.5	249
Professeur	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Freq
Professeur: Extraordinaire	0.1	6.5	2.5	88
Professeur: Ordinaire	0.1	3.8	1.5	161
Total	0.2	10.3	4.0	249
Séjour.postdoctoral	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Freq
Séjour.postdoctoral: Institution d'élite	8.0	4.9	1.9	52
Séjour.postdoctoral: Non	16.6	4.6	0.0	125
Séjour.postdoctoral: Autre institution	5.1	0.4	0.7	72
Total	29.7	9.9	2.6	249

Average contribution per modality: 3.7

Total number of individuals: 249

5.5 Distribution des modalités dans les clusters



Répartition des modalités actives dans les quatre clusters

Dimension	Variable	Modalité	Scientifiques consacrés N=124 (19.3%)	Faiseurs de science N=203 (31.6%)	Scientifiques Importés N=141 (22%)	Outsiders Locaux N=174 (27.1%)	
			% colonne par fraction				% colonne total
Capital scientifique	Prix scientifique	Non	58.9	74.9	92.9	87.4	79.1
		Oui	41.1	25.1	7.1	12.6	20.9
	Position maximale atteinte	Professeur extraordinaire	7.3	52.7	20.6	51.7	36.6
		Professeur ordinaire	92.7	47.3	79.4	48.3	63.4
	Séjour après doctorat	Institution d'élite	23.4	39.9	18.4	0	21.2
Non		28.2	5.4	46.8	93.7	42.8	
Position dans un centre de recherche national	Autre institution	48.4	54.7	34.8	6.3	36.0	
	Non	92.7	91.1	75.2	98.3	89.9	
Position dans un centre de recherche intergouvernemental ou indépendant	Oui	7.3	8.9	24.8	1.7	10.1	
	Non	88	78	91	99	88.3	
		Oui	12	22	9	1	11.7
Capital institutionnel et extra-académique	Membre du comité de l'ASSN ou du FNS	Non	38.7	97	99.3	97.7	86.5
		Oui	61.3	3	0.7	2.3	13.6
	Position de doyen ou de recteur	Non	31.5	92.6	87.9	71.3	74.0
		Oui	68.5	7.4	12.1	28.7	26.0
Membre d'une commission extra- parlementaire	Non	76.6	96.1	94.3	90.2	90.3	
	Oui	23.4	3.9	5.7	9.8	9.7	
Position extra- académique	Laboratoire In-House	10.5	12.8	7.8	17.2	12.5	
	Non	81.5	77.8	84.4	66.1	76.8	
		Autres entités	8.1	9.4	7.8	16.7	10.8
Capital international	Pays du doctorat	Suisse	93.5	83.7	8.5	87.9	70.3
		Limitrophes	3.2	3.9	56.7	7.5	16.4
		Doc1_Other	3.2	12.3	34.8	4.6	13.4
	Durée de la carrière à l'étranger avant stabilisation en Suisse	Non	32.3	1	2.1	96	33.0
1-4 ans		50	79.3	14.2	2.3	38.5	
10 ans et plus		4.8	1	44	0	10.9	
		5-9 ans	12.9	18.7	39.7	1.7	17.6

Note : Les valeurs en **gras** sont les valeurs pour lesquelles la p-value est plus petite ou égale à 0.05 et qui sont donc considérées comme significatives.

Répartition des modalités supplémentaires dans les quatre clusters

Dimension	Variable	Modalité	Scientifiques consacrés N=124 (19.3%)	Faiseurs de science N=203 (31.6%)	Scientifiques Importés N=141 (22%)	Outsiders Locaux N=174 (27.1%)	
			% colonne par fraction				% colonne total
Temporalité	Année	1957	28.2	4.9	7.8	23.6	15.1
		1980	51.6	40.4	31.9	51.7	43.8
		2000	20.2	54.7	60.3	24.7	41.1
	Cohorte 1957	Non	71.8	95.1	92.2	76.4	84.9
		Oui	28.2	4.9	7.8	23.6	15.1
	Cohorte 1980	Non	45.2	58.1	68.1	44.3	54.1
		Oui	54.8	41.9	31.9	55.7	46.0
	Cohorte 2000	Non	62.9	29.6	31.2	67.8	46.7
Oui		37.1	70.4	68.8	32.2	53.3	
Socio-démographiques	Nationalités	Pays anglophones	0	4.4	21.3	2.3	6.7
		Suisse	92.7	76.4	14.9	75.3	65.7
		Pays francophones	0.8	4.4	8.5	2.3	4.1
		Pays germanophones	4	6.9	40.4	8.6	14.2
		Manquantes	0.8	2.5	1.4	4	2.3
		Autres pays	1.6	5.4	13.5	7.5	7.0
	Sexe	H	98.4	96.6	94.3	95.4	96.1
		F	1.6	3.4	5.7	4.6	3.9
	Age de stabilisation en Suisse	< 35 ans	34.7	19.7	14.2	12.6	19.5
		35 > < 40 ans	42.7	37.9	35.5	24.1	34.6
40 > < 45 ans		16.9	28.1	29.8	34.5	28.0	
> 45 ans		5.6	14.3	20.6	28.7	17.9	
Disciplines	Biologie ou chimie	Biologie	63.7	63.5	62.4	55.7	61.2
		Chimie	36.3	36.5	37.6	44.3	38.8
	Disciplines	Biologie+Chimie	3.2	7.4	10.6	3.4	6.2
		Biologie	41.1	35.5	32.6	36.2	36.1
		Chimie	34.7	33	36.9	42	36.6
		Sc.Nat.Med	21	24.1	19.9	18.4	21.1
	Sous-disciplines	Biochimie	11.3	16.3	17	9.8	13.7
		Biologie I	12.9	11.3	13.5	20.7	14.6
		Biologie II	28.2	24.1	19.1	15.5	21.5
		Chimie industrielle et analytique	3.2	3.9	4.3	9.8	5.5
		Chimie inorganique et physique	20.2	15.3	17	19	17.6
		Chimie organique	11.3	13.8	15.6	13.2	13.6
	Domaines	Sciences naturelles médicales	12.9	15.3	13.5	12.1	13.6
		Biologie animale	18.5	10.8	9.9	15.5	13.4
		Biologie végétale	12.1	9.4	11.3	14.9	11.8
		Microbiologie	33.1	43.3	41.1	25.3	36.0
		Chimie organique	12.9	17.2	16.3	15.5	15.7
	Echelles	Chimie autre	23.4	19.2	21.3	28.7	23.1
		Echelle macro (biologie)	12.9	11.3	13.5	20.7	14.6
		Echelle micro (biologie)	32.3	22.2	21.3	21.3	23.7
Echelle moléculaire (biologie)		18.5	30.0	27.7	13.8	22.9	
Echelle fondamentale (chimie)		20.2	15.3	17.0	19.0	17.6	
Echelle R&D (chimie)		12.9	17.2	16.3	15.5	15.7	
		Echelle appliquée (chimie)	3.2	3.9	4.3	9.8	5.4

Note : Les valeurs en **gras** sont les valeurs pour lesquelles la p-value est plus petite ou égale à 0.05 et qui sont donc considérées comme significatives

5.6 Contributions des modalités aux clusters

Kmeans clustering – variables actives

\$`1_ScientifiquesConsacres`

	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p.value	v.test
Membre.ASSN.ou.FNS=Oui	87.36	61.29	13.55	5.64e-53	15.32
Doyen.ou.recteur=Oui	50.90	68.55	26.01	1.20e-29	11.31
Professeur=Ordinaire	28.26	92.74	63.40	1.75e-16	8.24
Pays.du.doctorat=Suisse	25.72	93.55	70.25	3.58e-12	6.95
Prix.scientifique=Oui	38.06	41.13	20.87	6.79e-09	5.80
Commission.extra-parlementaire=Oui	46.77	23.39	9.66	2.18e-07	5.18
Séjour.postdoctoral=Autre institution	25.97	48.39	35.98	1.64e-03	3.15
Pré-stabilisation.à.l'étranger=1-4ans	25.10	50.00	38.47	3.78e-03	2.90
Pré-stabilisation.à.l'étranger=10ansEtPlus	8.57	4.84	10.90	1.09e-02	-2.54
Séjour.postdoctoral=Non	12.73	28.23	42.83	2.15e-04	-3.70
Pays.du.doctorat=Autre	4.65	3.23	13.40	3.97e-05	-4.11
Pays.du.doctorat=Limitrophe	3.81	3.23	16.36	7.51e-07	-4.95
Commission.extra-parlementaire=Non	16.38	76.61	90.34	2.18e-07	-5.18
Prix.scientifique=Non	14.37	58.87	79.13	6.79e-09	-5.80
Professeur=Extraordinaire	3.83	7.26	36.60	1.75e-16	-8.24
Doyen.ou.recteur=Non	8.21	31.45	73.99	1.20e-29	-11.31
Membre.ASSN.ou.FNS=Non	8.65	38.71	86.45	5.64e-53	-15.32

\$`2_FaiseursDeScience`

	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p.value	v.test
Pré-stabilisation.à.l'étranger=1-4ans	65.182	79.310	38.47	3.43e-48	14.59
Doyen.ou.recteur=Non	39.579	92.611	73.99	4.14e-15	7.85
Séjour.postdoctoral=Institution d'élite	59.559	39.901	21.18	2.38e-14	7.63
Séjour.postdoctoral=Autre institution	48.052	54.680	35.98	3.44e-11	6.63
Membre.ASSN.ou.FNS=Non	35.495	97.044	86.45	4.40e-09	5.87
Professeur=Extraordinaire	45.532	52.709	36.60	1.26e-08	5.69
Centre.de.recherche.intergouvernemental=Oui	60.000	22.167	11.68	7.58e-08	5.38
Pays.du.doctorat=Suisse	37.694	83.744	70.25	1.65e-07	5.24
Commission.extra-parlementaire=Non	33.621	96.059	90.34	4.38e-04	3.52
Commission.extra-parlementaire=Oui	12.903	3.941	9.66	4.38e-04	-3.52
Centre.de.recherche.intergouvernemental=Non	27.866	77.833	88.32	7.58e-08	-5.38
Professeur=Ordinaire	23.587	47.291	63.40	1.26e-08	-5.69
Membre.ASSN.ou.FNS=Oui	6.897	2.956	13.55	4.40e-09	-5.87
Pré-stabilisation.à.l'étranger=10ansEtPlus	2.857	0.985	10.90	3.30e-10	-6.28
Pays.du.doctorat=Limitrophe	7.619	3.941	16.36	2.63e-10	-6.32
Doyen.ou.recteur=Oui	8.982	7.389	26.01	4.14e-15	-7.85
Pré-stabilisation.à.l'étranger=Non	0.943	0.985	33.02	3.08e-41	-13.45
Séjour.postdoctoral=Non	4.000	5.419	42.83	3.98e-45	-14.10

\$`3_ScientifiquesImportes`

	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p.value	v.test
Pays.du.doctorat=Limitrophe	76.19	56.738	16.4	8.87e-41	13.37
Pré-stabilisation.à.l'étranger=10ansEtPlus	88.57	43.972	10.9	1.15e-37	12.83
Pays.du.doctorat=Autre	56.98	34.752	13.4	1.64e-14	7.68
Pré-stabilisation.à.l'étranger=5-9ans	49.56	39.716	17.6	4.36e-13	7.24
Membre.ASSN.ou.FNS=Non	25.23	99.291	86.4	2.16e-09	5.99
Centre.de.recherche.national=Oui	53.85	24.823	10.1	2.73e-09	5.95
Prix.scientifique=Non	25.79	92.908	79.1	8.73e-07	4.92
Professeur=Ordinaire	27.52	79.433	63.4	4.34e-06	4.59
Doyen.ou.recteur=Non	26.11	87.943	74.0	7.03e-06	4.49
Position.extra-académique=Non	24.14	84.397	76.8	1.34e-02	2.47
Doyen.ou.recteur=Oui	10.18	12.057	26.0	7.03e-06	-4.49
Professeur=Extraordinaire	12.34	20.567	36.6	4.34e-06	-4.59
Prix.scientifique=Oui	7.46	7.092	20.9	8.73e-07	-4.92
Centre.de.recherche.national=Non	18.37	75.177	89.9	2.73e-09	-5.95
Membre.ASSN.ou.FNS=Oui	1.15	0.709	13.6	2.16e-09	-5.99
Pré-stabilisation.à.l'étranger=1-4ans	8.10	14.184	38.5	1.86e-12	-7.04
Pré-stabilisation.à.l'étranger=Non	1.42	2.128	33.0	4.71e-24	-10.12
Pays.du.doctorat=Suisse	2.66	8.511	70.2	6.77e-72	-17.93

\$`4_OutsideursLocaux`

	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p.value	v.test
Pré-stabilisation.à.l'étranger=Non	78.77	95.98	33.0	4.77e-101	21.34
Séjour.postdoctoral=Non	59.27	93.68	42.8	3.26e-62	16.65
Pays.du.doctorat=Suisse	33.92	87.93	70.2	3.21e-10	6.29
Centre.de.recherche.intergouvernemental=Non	30.34	98.85	88.3	5.19e-09	5.84
Membre.ASSN.ou.FNS=Non	30.63	97.70	86.4	1.12e-08	5.71
Centre.de.recherche.national=Non	29.64	98.28	89.9	1.36e-06	4.83
Professeur=Extraordinaire	38.30	51.72	36.6	1.77e-06	4.78
Prix.scientifique=Non	29.92	87.36	79.1	1.29e-03	3.22
Position.extra-académique=Autre	42.03	16.67	10.7	4.67e-03	2.83
Position.extra-académique=Lab In-House	37.50	17.24	12.5	3.01e-02	2.17
Prix.scientifique=Oui	16.42	12.64	20.9	1.29e-03	-3.22
Position.extra-académique=Non	23.33	66.09	76.8	1.42e-04	-3.80
Pays.du.doctorat=Limitrophe	12.38	7.47	16.4	9.33e-05	-3.91
Pays.du.doctorat=Autre	9.30	4.60	13.4	1.76e-05	-4.29
Professeur=Ordinaire	20.64	48.28	63.4	1.77e-06	-4.78
Centre.de.recherche.national=Oui	4.62	1.72	10.1	1.36e-06	-4.83
Membre.ASSN.ou.FNS=Oui	4.60	2.30	13.6	1.12e-08	-5.71
Centre.de.recherche.intergouvernemental=Oui	2.67	1.15	11.7	5.19e-09	-5.84
Pré-stabilisation.à.l'étranger=10ansEtPlus	0.00	0.00	10.9	5.31e-11	-6.56
Pré-stabilisation.à.l'étranger=5-9ans	2.65	1.72	17.6	1.28e-13	-7.41
Séjour.postdoctoral=Institution d'élite	0.00	0.00	21.2	3.49e-22	-9.69
Séjour.postdoctoral=Autre institution	4.76	6.32	36.0	2.43e-25	-10.40
Pré-stabilisation.à.l'étranger=1-4ans	1.62	2.30	38.5	3.88e-38	-12.91

Kmeans clustering - variables supplémentaires

\$`1_ScientifiquesConsacres`

	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p.value	v.test
Nationality=Nat_CH	27.25	92.742	65.73	1.27e-14	7.71
AgeNominationProCH_rec=Age<=35ans	34.40	34.677	19.47	7.00e-06	4.49
Cohort1957=Cohort1957_Yes	36.08	28.226	15.11	2.25e-05	4.24
ANNEE_rec=y1957	36.08	28.226	15.11	2.25e-05	4.24
Cohort2000=Cohort2000_No	26.00	62.903	46.73	6.18e-05	4.01
PB_Bio_DisciplineDomaineEchelle=Echelle_Micro	26.32	32.258	23.68	1.50e-02	2.43
Cohort1980=Cohort1980_Yes	23.05	54.839	45.95	2.80e-02	2.20
AgeNominationProCH_rec=Age(35-40]ans	23.87	42.742	34.58	3.60e-02	2.10
PB_Bio_Simple2=Biologie_II	25.36	28.226	21.50	4.77e-02	1.98
Nationality=Nat_Franco	3.85	0.806	4.05	2.84e-02	-2.19
Cohort1980=Cohort1980_No	16.14	45.161	54.05	2.80e-02	-2.20
Nationality=Nat_Other	4.44	1.613	7.01	4.01e-03	-2.88
AgeNominationProCH_rec=Age(40-45]ans	11.67	16.935	28.04	1.62e-03	-3.15
Nationality=Nat_German	5.49	4.032	14.17	7.60e-05	-3.96
Nationality=Nat_Anglo	0.00	0.000	6.70	6.89e-05	-3.98
Cohort2000=Cohort2000_Yes	13.45	37.097	53.27	6.18e-05	-4.01
Cohort1957=Cohort1957_No	16.33	71.774	84.89	2.25e-05	-4.24
AgeNominationProCH_rec=Age>=45ans	6.09	5.645	17.91	1.57e-05	-4.32
ANNEE_rec=y2000	9.47	20.161	41.12	5.40e-08	-5.44

\$`2_FaiseursDeScience`

	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p.value	v.test
Cohort2000=Cohort2000_Yes	41.8	70.44	53.3	0.00000000225	5.98
Cohort1957=Cohort1957_No	35.4	95.07	84.9	0.00000014655	5.26
ANNEE_rec=y2000	42.0	54.68	41.1	0.00000244184	4.71
Nationality=Nat_CH	36.7	76.35	65.7	0.0000937264	3.91
PB_Bio_DisciplineDomaineEchelle=Echelle_Moléculaire	41.5	30.05	22.9	0.00399149062	2.88
PB_Bio_DisciplineDomaine=Microbiologie	38.1	43.35	36.0	0.00876136919	2.62
Nationality=Nat_German	15.4	6.90	14.2	0.00017597876	-3.75
Cohort1957=Cohort1957_Yes	10.3	4.93	15.1	0.00000014655	-5.26
ANNEE_rec=y1957	10.3	4.93	15.1	0.00000014655	-5.26
Cohort2000=Cohort2000_No	20.0	29.56	46.7	0.00000000225	-5.98

\$`3_ScientifiquesImportes`

	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p.value	v.test
Nationality=Nat_German	62.64	40.43	14.17	4.20e-20	9.18
Nationality=Nat_Anglo	69.77	21.28	6.70	4.05e-12	6.94
ANNEE_rec=y2000	32.20	60.28	41.12	2.24e-07	5.18
Cohort2000=Cohort2000_Yes	28.36	68.79	53.27	2.56e-05	4.21
Cohort1980=Cohort1980_No	27.67	68.09	54.05	1.40e-04	3.81
Nationality=Nat_Other	42.22	13.48	7.01	1.64e-03	3.15
Cohort1957=Cohort1957_No	23.85	92.20	84.89	4.16e-03	2.87
Nationality=Nat_Franco	46.15	8.51	4.05	5.66e-03	2.77
Cohort1957=Cohort1957_Yes	11.34	7.80	15.11	4.16e-03	-2.87
ANNEE_rec=y1957	11.34	7.80	15.11	4.16e-03	-2.87
ANNEE_rec=y1980	16.01	31.91	43.77	1.24e-03	-3.23
Cohort1980=Cohort1980_Yes	15.25	31.91	45.95	1.40e-04	-3.81
Cohort2000=Cohort2000_No	14.67	31.21	46.73	2.56e-05	-4.21
Nationality=Nat_CH	4.98	14.89	65.73	2.79e-46	-14.28

\$`4_OutsideursLocaux`

	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p.value	v.test
Cohort2000=Cohort2000_No	39.3	67.82	46.73	0.000000000609	6.54
AgeNominationProCH_rec=Age>=45ans	43.5	28.74	17.91	0.0000277694603	4.19
Cohort1957=Cohort1957_Yes	42.3	23.56	15.11	0.0004575541937	3.50
ANNEE_rec=y1957	42.3	23.56	15.11	0.0004575541937	3.50
Nationality=Nat_CH	31.0	75.29	65.73	0.0016520630857	3.15
Cohort1980=Cohort1980_Yes	32.9	55.75	45.95	0.0025031794469	3.02
PB_Bio_Simple2=ChimieIndustrielleEtAnalytique	48.6	9.77	5.45	0.0057636996398	2.76
PB_Bio_DisciplineDomaineEchelle=Echelle_Appliquée	48.6	9.77	5.45	0.0057636996398	2.76
PB_Bio_Simple2=Biologie_I	38.3	20.69	14.64	0.0104421664725	2.56
PB_Bio_DisciplineDomaineEchelle=Echelle_Macro	38.3	20.69	14.64	0.0104421664725	2.56
ANNEE_rec=y1980	32.0	51.72	43.77	0.0138059903046	2.46
AgeNominationProCH_rec=Age(40-45]ans	33.3	34.48	28.04	0.0288999648598	2.18
PB_Bio_DisciplineDomaine=ChimieAutre	33.8	28.74	23.05	0.0404457374246	2.05
PB_Bio_Simple2=Biologie_II	19.6	15.52	21.50	0.0225971426470	-2.28
Nationality=Nat_German	16.5	8.62	14.17	0.0114730730750	-2.53
AgeNominationProCH_rec=Age<=35ans	17.6	12.64	19.47	0.0064218392398	-2.73
Nationality=Nat_Anglo	9.3	2.30	6.70	0.0037746263377	-2.90
Cohort1980=Cohort1980_No	22.2	44.25	54.05	0.0025031794469	-3.02
AgeNominationProCH_rec=Age(35-40]ans	18.9	24.14	34.58	0.0005875867617	-3.44
PB_Bio_DisciplineDomaineEchelle=Echelle_Moléculaire	16.3	13.79	22.90	0.0005719655046	-3.44
PB_Bio_DisciplineDomaine=Microbiologie	19.0	25.29	35.98	0.0004926292669	-3.48
Cohort1957=Cohort1957_No	24.4	76.44	84.89	0.0004575541937	-3.50
ANNEE_rec=y2000	16.3	24.71	41.12	0.0000001620170	-5.24
Cohort2000=Cohort2000_Yes	16.4	32.18	53.27	0.000000000609	-6.5

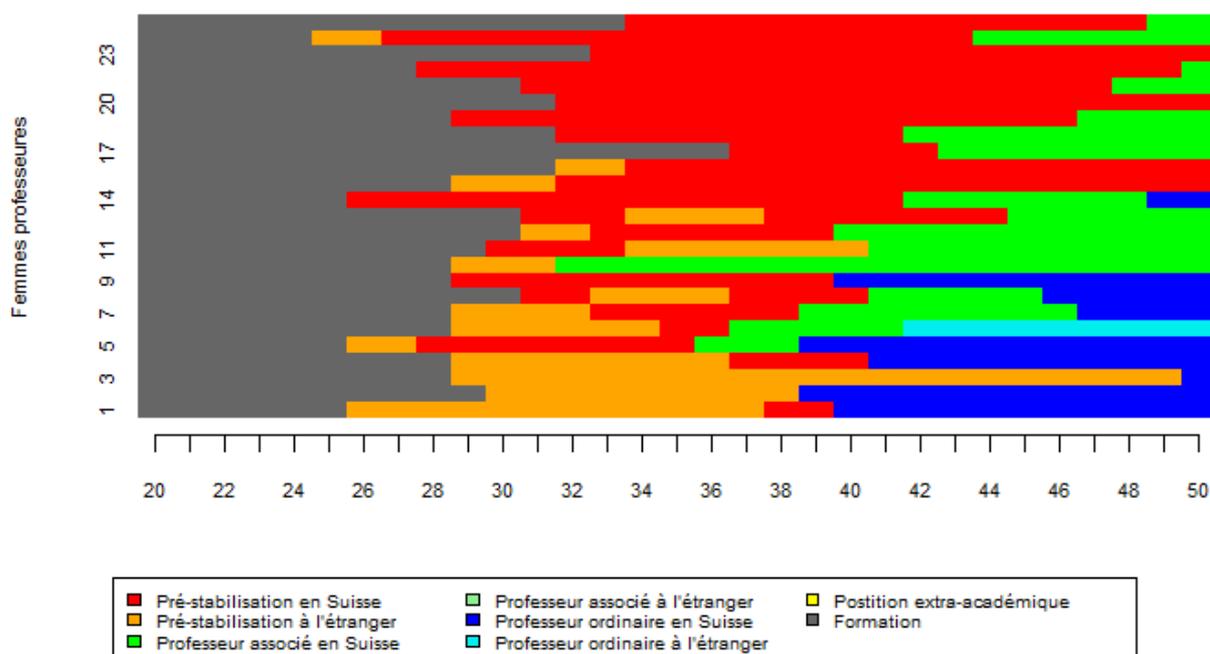
5.7 Composition des types de carrières

Dimension	Variable	Modalité	Typologie des carrières (distribution des modalités en %)						Total (N=642)	
			Nationale ordinaire	Nationale associée	Cursus honorum	Localisme	Importation	Conversions	Effectifs	%
Capital scientifique	Prix scientifique	Non	75	78.6	62.9	85.5	84.1	91.3	508	79.1
		Oui	25	21.4	37.1	14.5	15.9	8.7	134	20.9
	Position maximale atteinte	Professeur extraordinaire	15.6	84.8	11.3	77.6	4.9	35.7	407	63.4
		Professeur ordinaire	84.4	15.2	88.7	22.4	95.1	64.3	235	36.6
	Séjour après doctorat	Institution d'élite	28.1	15.2	19.6	15.8	24.4	20	136	21.2
		Non	35	44.6	40.2	57.9	35.4	49.6	275	42.8
	Position dans un centre de recherche national	Autre institution	36.9	40.2	40.2	26.3	40.2	30.4	231	36.0
		Non	96.2	88.4	89.7	93.4	76.8	89.6	577	89.9
	Position dans un centre de recherche intergouvernemental ou indépendant	Oui	3.8	11.6	10.3	6.6	23.2	10.4	65	10.1
		Non	86.9	88.4	92.8	89.5	89	85.2	567	88.3
	Oui	13.1	11.6	7.2	10.5	11	14.8	75	11.7	
Capital institutionnel et extra-académique	Membre du comité de l'ASSN ou du FNS	Non	83.1	94.6	68	92.1	86.6	94.8	555	86.5
		Oui	16.9	5.4	32	7.9	13.4	5.2	87	13.6
	Position de doyen ou de recteur	Non	66.9	82.1	53.6	84.2	76.8	84.3	475	74.0
		Oui	33.1	17.9	46.4	15.8	23.2	15.7	167	26.0
	Membre d'une commission extra-parlementaire	Non	91.2	91.1	80.4	94.7	93.9	91.3	580	90.3
		Oui	8.8	8.9	19.6	5.3	6.1	8.7	62	9.7
	Position extra-académique	Laboratoire In-House	6.9	11.6	11.3	7.9	3.7	31.3	80	12.5
		Non	88.1	78.6	78.4	80.3	86.6	48.7	493	76.8
	Autres entités	5	9.8	10.3	11.8	9.8	20	69	10.8	
Capital international	Lieu du doctorat	Suisse	85.6	82.1	70.1	85.5	36.6	51.3	451	70.3
		Limitrophes	5	10.7	13.4	7.9	37.8	30.4	105	16.4
		Doc1_Other	9.4	7.1	16.5	6.6	25.6	18.3	86	13.4
	Durée de la carrière à l'étranger avant stabilisation en Suisse	Non	31.2	38.4	38.1	59.2	6.1	27.8	212	33.0
		1-4 ans	57.5	47.3	43.3	38.2	18.3	13.9	247	38.5
		10 ans et plus	1.9	0.9	4.1	0	36.6	27.8	70	10.9
		5-9 ans	9.4	13.4	14.4	2.6	39	30.4	113	17.6
Temporalité	Année	1957	5.6	13.4	38.1	11.8	4.9	20	97	15.1
		1980	54.4	43.8	39.2	31.6	47.6	38.3	281	43.8
		2000	40	42.9	22.7	56.6	47.6	41.7	264	41.1
	Cohorte 1957	Non	94.4	86.6	61.9	88.2	95.1	80	545	84.9
		Oui	5.6	13.4	38.1	11.8	4.9	20	97	15.1
	Cohorte 1980	Non	44.4	54.5	54.6	67.1	50	60.9	347	54.1
Oui		55.6	45.5	45.4	32.9	50	39.1	295	46.0	
Cohorte 2000	Non	42.5	42	66	43.4	30.5	54.8	300	46.7	
	Oui	57.5	58	34	56.6	69.5	45.2	342	53.3	
Socio-démographiques	Nationalités	Pays anglophones	2.5	2.7	13.4	1.3	17.1	7	43	6.7
		Suisse	83.8	75.9	66	72.4	36.6	47	422	65.7
		Pays francophones	1.9	1.8	5.2	3.9	6.1	7	26	4.1
		Pays germanophones	5.6	12.5	9.3	6.6	31.7	24.3	91	14.2
		Manquantes	1.9	1.8	1	6.6	1.2	2.6	15	2.3
		Autres pays	4.4	5.4	5.2	9.2	7.3	12.2	45	7.0
	Sexe	H	98.1	93.8	99	88.2	96.3	98.3	617	96.1
		F	1.9	6.2	1	11.8	3.7	1.7	25	3.9
	Age de stabilisation en Suisse	< 35 ans	10	11.6	67	0	34.1	2.6	125	19.5
		35 > < 40 ans	55	44.6	29.9	0	50	12.2	222	34.6
		40 > < 45 ans	28.1	43.8	3.1	28.9	15.9	41.7	180	28.0

		> 45 ans	6.9	0	0	71.1	0	43.5	115	17.9
Disciplines	Biologie ou chimie	Biologie	61.9	60.7	50.5	63.2	61	68.7	393	61.2
		Chimie	38.1	39.3	49.5	36.8	39	31.3	249	38.8
	Disciplines	Biochimie	11.9	13.4	9.3	19.7	17.1	13.9	88	13.7
		Biologie	40.6	33	33	27.6	36.6	40.9	232	36.1
		Chimie	36.2	36.6	46.4	32.9	39	29.6	235	36.6
		Sciences naturelles médicales	11.2	17	11.3	19.7	7.3	15.7	87	13.6
	Sous-disciplines	Biochimie	11.9	13.4	9.3	19.7	17.1	13.9	88	13.7
		Biologie I	15	12.5	12.4	19.7	15.9	13.9	99	15.4
		Biologie II	25.6	20.5	20.6	7.9	20.7	27	133	20.7
		Chimie industrielle et analytique	4.4	8.9	3.1	2.6	3.7	8.7	35	5.5
		Chimie inorganique et physique	19.4	14.3	21.6	22.4	19.5	10.4	113	17.6
		Chimie organique	12.5	13.4	21.6	7.9	15.9	10.4	87	13.6
	Domaines	Sciences naturelles médicales	11.2	17	11.3	19.7	7.3	15.7	87	13.6
		Biologie animale	13.1	14.3	15.5	13.2	12.2	12.2	86	13.4
		Biologie végétale	9.4	9.8	16.5	11.8	11.0	13.9	76	11.8
		Microbiologie	39.4	36.6	18.6	38.2	37.8	42.6	231	36.0
		Chimie organique	14.4	16.1	24.7	11.8	15.9	12.2	101	15.7
	Echelles	Chimie autre	23.8	23.2	24.7	25.0	23.2	19.1	148	23.1
		Echelle macro (biologie)	15.0	12.5	12.4	19.7	15.9	13.9	94	14.6
Echelle micro (biologie)		23.1	25.9	25.8	18.4	14.6	30.4	152	23.7	
Echelle moléculaire (biologie)		23.8	22.3	12.4	25.0	30.5	24.3	147	22.9	
Echelle fondamentale (chimie)		19.4	14.3	21.6	22.4	19.5	10.4	113	17.6	
Echelle R&D (chimie)		14.4	16.1	24.7	11.8	15.9	12.2	101	15.7	
Profils	Clusters de l'ACM	Echelle appliquée (chimie)	4.4	8.9	3.1	2.6	3.7	8.7	35	5.4
		ScientifiquesConsacres	28.1	7.1	44.3	6.6	15.9	8.7	124	19.3
		FaiseursDeScience	42.5	48.2	20.6	32.9	15.9	20	203	31.6
		ScientifiquesImportes	6.9	7.1	14.4	5.3	65.9	43.5	141	22.0
		OutsidersLocaux	22.5	37.5	20.6	55.3	2.4	27.8	174	27.1

5.8 Séquences des carrières des femmes professeures

5.8.1 Représentation des séquences des femmes professeures (N=25)



5.8.2 Fréquences d'occupation des états pour les femmes et les hommes (en %)

	Femmes 30 ans	Hommes 30 ans	Femmes 40 ans	Hommes 40 ans	Femmes 50 ans	Hommes 50 ans
Formation	40	20.4	0	0.5	0	0
Pré-stabilisation en Suisse	28	33.6	60	30.7	16	0.8
Pré-stabilisation à l'étranger	32	36.5	8	8	0	3.7
Professeur associé en Suisse	0	1	16	25.2	44	26.7
Professeur associé à l'étranger	0	0.3	0	2.1	0	0.8
Professeur ordinaire en Suisse	0	0.3	16	23.9	36	65.8
Professeur ordinaire à l'étranger	0	0	0	3.1	4	0.2
Position extra-académique	0	7.8	0	6.7	0	1.9

5.8.3 Durées moyennes des états pour les femmes et les hommes

	Femmes professeures	Hommes professeurs	Femmes avec fonction de professeur ordinaire	Femmes sans fonction de professeur ordinaire
Formation	9.9	8.7	8.3	10.8
Pré-stabilisation en Suisse	10.2	6.8	5.9	12.6
Pré-stabilisation à l'étranger	3.6	3.7	6.7	1.8
Professeur associé en Suisse	4.3	3.9	2.6	5.3
Professeur associé à l'étranger	0	0.3	0	0
Professeur ordinaire en Suisse	2.7	5.9	7.6	0
Professeur ordinaire à l'étranger	0.4	0.3	0	0.6
Position extra-académique	0	1.3	0	0

Chapitre 5. Des sciences en réseau. Interdisciplinarité, capital social et positions de pouvoir

« Debates about interdisciplinarity often consider disciplines to be as extinct as dinosaurs, or that the boundaries between knowledge sets are blurred. [...] The true issue here is a scenario in which two or more disciplines address one another: coexistence within the same project of scientists based in different disciplines signifies neither the fusion nor the disappearance of the disciplines. »

(Marcovich & Shinn 2011 : 583)

Ce chapitre aborde une autre dimension relative à la structure du pouvoir académique des professeurs de biologie et de chimie : celle des collaborations (inter)disciplinaires au sein des projets de recherche financés par le Fonds national suisse de la recherche scientifique (FNS). L'un des changements majeurs de la période récente concerne en effet l'expansion massive des collaborations scientifiques et notamment de la collaboration par projet qui s'inscrit dans une dynamique générale de *collectivisation* de la recherche qui s'étend à l'entier du champ scientifique à partir de la seconde moitié du xx^e siècle (Gingras 2002). Cette collectivisation est un processus qui illustre le passage d'un modèle où la production scientifique est issue de pratiques relativement isolées, que ce soit d'un point de vue de la taille restreinte des équipes de recherche ou du nombre relativement faible d'auteurs cosignataires des articles scientifiques, à la généralisation à l'ensemble des disciplines du chercheur *collectif* comme le mode dominant de la production du savoir (Gingras 2002 : 33). Ce processus accompagne le mouvement d'internationalisation du champ scientifique, notamment de la circulation des personnes abordée au chapitre 4 du point de vue des carrières, mais aussi des textes et des objets, des modes de production scientifique et du financement de la recherche. L'ampleur de ces mouvements semble cependant varier de manière importante et une discipline faiblement internationalisée ne veut pas forcément dire qu'elle n'est pas collective, à l'image de la médecine clinique qui est justement peu internationalisée mais fortement collectivisée (Gingras 2002).

Les projets de recherche sont un lieu important de la collaboration interdisciplinaire (Marcovich & Shinn 2011 : 587) et, bien qu'il existe de nombreuses autres possibilités de mesurer l'interdisciplinarité par exemple au travers d'analyses bibliométriques (Porter & Chubin 1985, Qiu 1992, Morillo et al. 2001, Larivière & Gingras 2014, Chen et al. 2014), ces derniers permettent d'aborder conjointement les dimensions du capital social et de la reconnaissance scientifique, ici accordée au niveau national (Benninghoff & Braun 2010). Les sources de financements des projets de recherche sont très diverses et dépassent le seul cas des instruments d'encouragement du FNS, même pour les professeurs exerçant en Suisse. Qu'il s'agisse d'autres organisations de promotion de la science au niveau national, comme le Conseil suisse de la science (CSSI) et la Commission pour la technologie et l'innovation (CTI), ou qu'il s'agisse de financements européens, internationaux ou encore privés, les lieux possibles de la collaboration scientifique sont nombreux, en particulier dans le domaine biomédical (Benninghoff et al. 2014). Bien que les financements internationaux et privés aient pris une importance croissante dans la période récente, les institutions de promotion de la recherche au niveau national continuent de jouer un rôle important et, en Suisse, le FNS constitue toujours l'organe de financement principal de l'activité de recherche (Fleury & Joye 2003). Le FNS est donc un organisme central lorsque l'on s'intéresse au financement de la recherche en Suisse, mais il l'est aussi dans le domaine de la

promotion de l'interdisciplinarité. En effet, outre les collaborations qui se déroulent au sein des projets financés par les trois *Divisions* du FNS, un nombre important de nouveaux instruments de financement ont été introduits depuis les années 1990 avec pour objectif de stimuler et de promouvoir l'interdisciplinarité au travers du financement de projets de recherche, d'infrastructures telles que des plateformes technologiques et des pôles de recherches nationaux (Benninghoff & Leresche 2003).

1. Collaborations scientifiques et interdisciplinarité : Le cas des projets financés par le FNS

Si l'on se réfère aux acteurs majeurs des politiques scientifiques en Suisse, le champ académique national a été témoin d'une tendance croissante vers l'interdisciplinarité des pratiques scientifiques durant les dernières décennies (Gorda & Leresche 2015). Cette dynamique n'est pas isolée et s'inscrit dans un mouvement plus global de promotion des collaborations interdisciplinaires qui touche le champ scientifique de manière générale (Morillo et al. 2001, Larivière & Gingras 2010, Louvel 2015). Cependant, on constate une tension entre l'interdisciplinarité telle qu'elle est promue par les pouvoirs politiques et académiques et le fait que les critères d'évaluation de la production scientifique demeurent profondément ancrés dans les logiques disciplinaires et les institutions académiques (Darbellay 2015, Bourdieu 2001, Abbott 2001a). Cette tension entre les discours sur le caractère résolument *positif* de l'interdisciplinarité¹⁶² et les pratiques effectivement observables empiriquement soulève des enjeux quant à la définition même de ce que l'on entend par interdisciplinarité (Louvel 2015). D'un point de vue pratique, le développement de la collectivisation de la recherche dans la période récente et la légitimité accordée à l'essor des pratiques interdisciplinaires amènent à questionner les rapports entre, d'une part, le degré et les disciplines de l'interdisciplinarité et, d'autre part, la forme des réseaux de collaboration et l'étendue du pouvoir conféré par la place occupée par les chercheurs au sein de ceux-ci. L'importance donnée à ces collaborations (inter)disciplinaires soulève ainsi la question du lien entre le *capital social* propre aux réseaux et la hiérarchie des positions des agents du champ scientifique, c'est-à-dire, dans notre cas, de la distribution du capital social dans l'espace des professeurs de biologie et de chimie. La question générale qui structure ce chapitre est la suivante : les ressources acquises au travers des collaborations au sein des projets financés par le FNS confèrent-elles aux professeurs une forme de pouvoir spécifique en termes d'interdisciplinarité et de capital social, qui peut renforcer la structure des oppositions basées sur le capital scientifique, temporel et international telle qu'analysée dans le chapitre précédent ?

Ce cinquième chapitre est organisé de la manière suivante : d'abord, nous reviendrons sur les notions d'interdisciplinarité et de capital social et formulerons les deux axes de recherche qui structurent ce chapitre. Puis, nous présenterons brièvement la stratégie, les données et les indicateurs utilisés pour opérationnaliser ces dimensions dans l'analyse des réseaux de collaborations par projet. Dans la partie empirique de ce chapitre, nous nous focaliserons dans un premier temps sur la structure des réseaux des projets des professeurs de biologie et de chimie, c'est-à-dire la distribution du capital social lié aux positions occupées dans les réseaux de collaboration, le degré d'interdisciplinarité des professeurs, et les liens entre ces deux dimensions. Dans un deuxième temps, nous intégrerons l'analyse des réseaux

¹⁶² A la suite de la publication de l'ouvrage de Gibbons et al. (1994), l'interdisciplinarité vient à être considérée comme un véritable moteur de l'innovation, notamment parce qu'elle permet de transcender l'inertie des *silos* disciplinaires considérés comme des freins à la résolution de problèmes concrets (Clark 1998, Weingart & Stehr 2000, Nowotny et al. 2001). Les acteurs de l'université entrepreneuriale se font ainsi les promoteurs de l'interdisciplinarité comme un moyen de « casser les murs » entre des silos disciplinaires mal construits pour aborder les « questions par essence interdisciplinaires de notre temps » (Paradeise & Crow 2009 : 120).

des professeurs à celle de la distribution des capitaux dans l'espace des professeurs que nous avons développée dans le chapitre précédent. En conclusion, nous reviendrons sur les liens entre interdisciplinarité, capital social et pouvoir académique.

1.1 Interdisciplinarité et disciplines

En premier lieu, il s'agit de définir la notion d'*interdisciplinarité* et le lien qu'elle entretient avec celle de *discipline*. Les termes utilisés pour qualifier les décloisonnements disciplinaires sont particulièrement nombreux et donnent l'impression d'un véritable « champ de bataille » terminologique (Darbellay 2015 : 136). Aux côtés du concept d'interdisciplinarité, on trouve notamment ceux de multidisciplinarité et de transdisciplinarité, qui renvoient globalement au critère du « degré d'ouverture » aux autres disciplines. A un extrême du spectre, la *disciplinarité* apparaît comme synonyme d'un cloisonnement partiel et circonscrit dans le temps, tandis qu'à l'autre extrême, la *transdisciplinarité* est définie comme un affranchissement des disciplines avec pour objectif de « résoudre un problème concret entre science et société » (Darbellay 2015 : 137). On retrouve dans cette dernière notion la perspective épistémologique des antidifférenciationnistes (Lamy & Shinn 2006) évoquant en perspective la fin des frontières disciplinaires (Gibbons et al. 1994, Clark 2002) et qui présente la collaboration (trans)disciplinaire comme la solution pour faciliter l'application des savoirs à la résolution de problèmes pratiques (Prud'homme & Gingras 2015 : 41, Louvel 2015).

L'interdisciplinarité présuppose un certain degré d'intégration des savoirs ainsi qu'une interaction entre les chercheurs des différentes disciplines plus marquée que pour la *multidisciplinarité* reflétant le cas de chercheurs collaborant sur un sujet similaire mais sans intégration particulière des savoirs (Darbellay 2015, Larivière & Gingras 2014, Morillo et al. 2001). Mais plus encore et au contraire de la *transdisciplinarité*, l'interdisciplinarité *présuppose* l'existence des disciplines¹⁶³ (Abbott 2001a, Marcovich & Shinn 2011, Prud'homme & Gingras 2015). En effet, bien que les collaborations scientifiques se développent de manière importante dans la période récente, l'interdisciplinarité en tant que telle n'est pas une pratique nouvelle. Abbott (2001a) fait remonter le concept d'interdisciplinarité autour de 1920 en tant que fondée d'abord sur des « problèmes » ponctuels et donc non durables dans le temps. Les pratiques interdisciplinaires possèdent donc la double caractéristique d'être basées sur la recherche de solutions à des problèmes spécifiques et d'être le fait de groupes pouvant évoluer dans le cadre de projets déterminés dans le temps. Ces « moments » de l'interdisciplinarité ne remettent cependant pas en cause l'existence des disciplines et leur rôle au centre des interactions à la base de la création de nouveaux domaines d'étude (Marcovich & Shinn 2011). En effet, bien que les frontières des disciplines peuvent se modifier avec le temps, la nature de ces changements demeure ponctuelle et ceux-ci ne peuvent remettre en cause les institutions académiques, desquelles dépend l'organisation des disciplines¹⁶⁴ (Abbott 2001a).

L'interdisciplinarité peut ainsi être définie par un *moment* et un *lieu* où des chercheurs de différentes disciplines s'organisent collectivement autour d'un problème donné, comme c'est le cas au sein des projets de recherche. Dans le cadre de ces collaborations, il est possible pour certains agents d'importer des ressources d'une autre discipline au sein d'une équipe de recherche ou d'un projet. On peut penser notamment à l'intégration de nouvelles techniques, comme c'est le cas dans la formation

¹⁶³ « Et de fait, la longue histoire et la stabilité de l'interdisciplinarité – insoupçonnée de ses promoteurs actuels – soulèvent la question intéressante de savoir pourquoi l'interdisciplinarité n'a *pas* transformé le système intellectuel actuel » (Abbott 2016 : 210).

¹⁶⁴ On retrouve justement ici ce lien entre interdisciplinarité et résolution de problèmes. « A cet égard, aujourd'hui figure obligée de la programmation scientifique, l'interdisciplinarité est devenue un support important pour ces alliances qui tirent parti de la croyance partagée dans sa contribution à l'innovation » (Paradeise et al. 2015 : 22).

de la biologie moléculaire, d'outils et d'approches chimiques et physiques (Strasser 2002). Ces transferts de ressources d'une discipline vers une autre et leurs possibles conversions sont directement dépendants de la valeur symbolique qui leur est attribuée par les représentants des disciplines (Gingras 2012 : 292). On peut alors parler de stratégie pour compenser un manque de capital spécifique associé à une position dominée dans l'espace, ou de stratégie de renforcement d'une position dominante en s'accordant la détention de ressources rares, par exemple issues des mathématiques ou de la génétique, ayant une forte valeur symbolique dans des champs disciplinaires tels que les sciences économiques (Fourcade 2002), la physique (Gingras 2003) ou la biologie (Strasser 2006, Morange 2016, Bonneuil 2015)¹⁶⁵. Lorsque la pratique interdisciplinaire vient renforcer un volume de capital scientifique déjà particulièrement élevé, on peut parler de capital social qui vient multiplier les ressources d'agents déjà dominants dans le champ (Bourdieu 1980b, 2001) et qui peut participer au positionnement de certaines spécialisations en leur donnant une crédibilité particulière (Louvel 2015). Dans un second cas, les pratiques interdisciplinaires peuvent consister en une ressource à part entière et agir comme un capital social permettant à des agents dominés d'acquérir une forme de capital de crédibilité scientifique venant combler un déficit de ressources spécifiques dans le champ en bénéficiant, par le biais de collaborations, du prestige d'individus mieux positionnés.

L'interdisciplinarité est souvent étudiée par le biais de recherches basées sur de petits échantillons ou par l'observation des pratiques concrètes (Jacobs & Frickel 2009, Schummer 2004). Lorsqu'elle est abordée à une échelle plus *macro*, c'est majoritairement par l'analyse des co-citations et des co-publications d'articles scientifiques (Porter & Chubin 1985, Qiu 1992, Small 1973 et 1999, Larivière & Gingras 2014). Ce type d'étude et les questions posées en termes de liens entre degré d'interdisciplinarité et fréquence des citations (Larivière & Gingras 2010), du nombre et du type de disciplines en collaboration (Chen et al. 2014) ou des différences entre domaines de spécialisation d'une discipline donnée (Morillo et al. 2001) peuvent s'adresser directement à l'étude des collaborations au sein des projets FNS. Tout comme les publications scientifiques, les projets de recherche sont un environnement particulier de la collaboration interdisciplinaire et un objet privilégié pour étudier la zone de frontière à la périphérie des disciplines¹⁶⁶ (Marcovich & Shinn 2011 : 587).

Dans le cas des collaborations au sein des projets de recherche financés par le FNS, nous définissons l'interdisciplinarité par les co-requêtes de chercheurs issus de différentes disciplines ou spécialisations disciplinaires au sein d'un même projet. Nous considérons qu'une collaboration est interdisciplinaire dans les deux cas suivants : premièrement, lorsqu'un professeur est co-requérant d'un projet avec au moins un professeur d'une autre discipline que la sienne et, deuxièmement, lorsqu'un professeur est co-requérant d'un projet dont la discipline de dépôt est autre que la sienne¹⁶⁷. En comparant la discipline des professeurs, la discipline de dépôt des projets et la discipline des co-requérants, nous

¹⁶⁵ Les transferts de ressources entre les disciplines peuvent aussi être à des fins heuristiques pour mieux comprendre un phénomène. Lorsqu'ils ne sont plus ponctuels mais répétés, ils peuvent être un point de départ de la constitution d'une nouvelle spécialisation disciplinaire ou, à long terme, d'une nouvelle discipline. On peut alors observer un *travail sur les frontières* (Gieryn 1983, Lamont & Molnar 2002) pouvant mener à repositionner certaines disciplines, voire à créer de nouveaux champs de recherche comme cela a été le cas de la biophysique puis de la biologie moléculaire (Strasser 2006).

¹⁶⁶ Ce chapitre aborde une mesure de l'interdisciplinarité au travers des co-requêtes de projets FNS. Une manière plus standard de traiter des collaborations interdisciplinaires aurait été de considérer les co-citations, que nous aurions pu traiter indépendamment ou mettre en lien avec la fréquence et la discipline des participations aux projets. Nous ne l'avons pas fait pour des raisons d'accessibilité aux données. En effet, les API des bases telles que le Web of Science ne sont accessibles que de manière très restreinte, et le travail d'identification des publications pour chaque professeur « à la main » aurait été impossible, compte tenu du nombre très important de celles-ci.

¹⁶⁷ Dans la suite, nous utilisons les notions de collaborations interdisciplinaires et d'interdisciplinarité dans des acceptions similaires. Les deux notions de collaboration et d'interdisciplinarité ne sont pas des synonymes (Klein 2010) mais nous utilisons par exemple le qualificatif de « professeur interdisciplinaire » pour entendre un « professeur ayant pris part à des projets d'autres disciplines que la sienne ou collaboré avec des professeurs d'une autre discipline que la sienne ».

chercherons à comprendre si certaines formes d'interdisciplinarité sont le fait de professeurs situés dans des fractions spécifiques du réseau et dans l'espace défini dans le chapitre 4. Ainsi, il sera possible d'analyser non seulement le *volume* et la *structure* des collaborations disciplinaires en termes de réseaux mais aussi de qualifier ces collaborations par les disciplines des projets et des co-requérants. Pour comprendre dans quelle mesure les pratiques interdisciplinaires peuvent se traduire en ressources spécifiques pour les professeurs, en termes de volume et de disciplines.

1.2 Capital social, réseaux et multiplication des ressources

Lorsque l'on s'intéresse aux réseaux, il est difficile de faire l'impasse sur le concept de capital social, tant il est rapidement devenu un *core concept* en sociologie (Burt 2000). Les approches classiques du capital social (Coleman 1988, Putnam 2000) le présentent comme une source de coordination et d'intégration sociale. Dans les approches structurales, le capital social est une ressource liée à la position d'un individu au sein d'un réseau et qui peut lui donner un certain pouvoir notamment informationnel. Une définition opératoire du capital social lié à la structure des relations au sein d'un réseau est celle proposée par Granovetter (1983, 2008 [1973]) lorsqu'il théorise la force des liens faibles. En s'inscrivant dans une perspective structurale, il montre comment le capital social n'est pas seulement le produit de la taille du réseau d'un individu et du volume de ressources contenues dans ce réseau, mais qu'il inclut également les relations indirectes, c'est-à-dire l'accès aux ressources des connaissances de connaissances (Mercklé 2011). Les ressources informationnelles augmentent ainsi non pas au travers des liens directs, ou liens forts, mais par les liens faibles, c'est-à-dire que ce sont les ponts qui concentrent le plus de ressources car c'est par eux qu'il faut passer pour relier deux groupes (Mercklé 2011 : 46). La théorie structurale sera ensuite développée notamment par Lin (2001) et par les travaux de Burt (2002, 2005) sur les trous structuraux, engageant encore davantage la dimension des propriétés structurales des réseaux dans la définition du capital social. On retrouve chez Bourdieu (1980b) une tentative de définition du capital social en tant que ressource en lien avec d'autres ressources :

« Le capital social est l'ensemble des ressources actuelles ou potentielles qui sont liées à la possession d'un *réseau durable de relations* plus ou moins institutionnalisées d'interconnaissance et d'inter-reconnaissance ; ou, en d'autres termes, à *l'appartenance à un groupe*, comme ensemble d'agents qui ne sont pas seulement dotés de propriétés [...] mais sont aussi unis par des *liaisons* permanentes et utiles. [...] Le volume du capital social que possède un agent particulier dépend donc de l'étendue du réseau des liaisons qu'il peut effectivement mobiliser et le volume du capital (économique, culturel ou symbolique) possédé en propre par chacun de ceux auxquels il est lié. » (Bourdieu 1980b : 2)

Bien qu'il ne l'ait pas théorisé autant que d'autres types de capitaux, Bourdieu (1980b) considère le capital social comme étant l'un des plus importants, aux côtés du capital économique et du capital culturel. D'une part, le volume de capital social dépend de la taille du réseau d'un individu ainsi que du volume de capitaux détenus par les autres membres de ce réseau. D'autre part, le capital social est caractérisé par la nature des capitaux détenus par les agents en relation. En d'autres termes, plus un agent est relié à d'autres agents possédant un volume de capital élevé, plus son propre volume de capital social sera grand. Ainsi, un fort volume de capital social aura tendance à augmenter les chances pour un individu d'occuper une position favorable au sein d'un champ et peut être considéré comme une véritable ressource en tant que telle.

Ces hypothèses ont notamment été redéveloppées par Eloire (2014, 2018) en ce qui concerne l'interdépendance entre le capital social et les autres capitaux ainsi que l'effet *multiplieur* du capital social sur les ressources des agents. Dans une hypothèse d'interdépendance entre les capitaux, la structure et la distribution de ces derniers dépendent toujours de la structure des réseaux individuels. Dans l'autre sens, les relations entre les individus tendent à suivre une logique d'*homophilie*, c'est-à-

dire que les individus avec une configuration similaire de capitaux et possédant les mêmes attributs sociaux auront tendance de manière plus fréquente à interagir et à créer des liens en suivant la logique de la distinction (Bourdieu 1979, 1994). La seconde hypothèse est que le capital social possède un effet de *multiplieur* des ressources, c'est-à-dire qu'à volume de capital égal, un plus haut volume de capital social va aider un individu à utiliser ses ressources de manière plus efficiente.

Au sein du champ académique, nous pouvons faire une distinction entre deux formes de capital social. La première est directement liée aux *positions* de pouvoir occupées par les agents, qui peuvent favoriser le développement et l'entretien de relations avec d'autres agents dominants. Plus la position hiérarchique d'un professeur est élevée sur l'échelle institutionnelle, plus il pourra potentiellement développer et activer des contacts avec d'autres professeurs eux-mêmes détenteurs d'un fort capital symbolique, renvoyant à une première forme structurelle de capital social basée sur l'homophilie. Il en va de même pour les positions de pouvoir temporel telles que celles de doyen, de recteur ou de membre du comité d'un organe de promotion et de financement de la recherche scientifique. De plus, le fait de cumuler plusieurs positions, dans le même temps ou successivement dans la carrière peut participer à renforcer encore ce capital social lié aux positions de pouvoir. Une deuxième forme de capital social est reliée aux réseaux développés par le biais de *collaborations* au sein de projets de recherche, et c'est sur cette forme que nous allons surtout nous concentrer. C'est en effet au travers de telles collaborations que peuvent se développer des liens interpersonnels entre chercheurs qui peuvent participer à la multiplication des capitaux des agents (Bourdieu 1980b). Si l'on considère ces réseaux d'interconnaissance comme une forme de capital social, l'on peut s'attendre, à l'image des autres capitaux, à une distribution inégale des ressources conférées par la position occupée dans le réseau et la densité des liens partagés avec d'autres individus.

La recherche d'indicateurs pouvant mesurer les ressources allouées par la position occupée dans un réseau, souvent théorisées en termes de capital social, est l'un des développements majeurs de l'analyse des réseaux (Borgatti et al. 1998). Ces indicateurs sont nombreux et permettent de mesurer la densité ou la cohésion d'un réseau, comme ils peuvent aussi permettre d'aborder la centralité structurale des nœuds, c'est-à-dire le degré d'importance d'un individu ou d'un groupe d'individus dans un espace donné (Godechot 2010 : 340-341). En tant que méthode relationnelle, l'analyse de réseaux permet d'analyser les liens entre des individus et des institutions (isolés ou en groupes). Ces liens peuvent aussi bien concerner des relations entre des individus ou entre des institutions. On parle dans ces cas de réseaux unimodaux, ou *one-mode networks*, au sein desquels tous les nœuds sont du même type. Par exemple, si tous les nœuds sont des individus et les arêtes qui les relient peuvent représenter des liens de connaissance, ou le fait d'appartenir au même projet de recherche. Les réseaux peuvent aussi inclure des nœuds de différents types, par exemple des individus et des institutions, mais aussi entre des gènes et des protéines ou entre des auteurs et des articles (Zweig & Kaufmann 2011). On parle alors de réseau bimodal, bipartite ou *two-mode network* (Everett et al. 2013). Dans ce cas, les arêtes peuvent relier des individus et les institutions par exemple sur un critère d'appartenance. Il est possible de transformer les données d'un réseau bipartite en réseau unimodal dans le but d'obtenir un réseau basé sur un seul type de nœud¹⁶⁸.

Il est possible de mesurer la force et la direction des liens, mais aussi de produire des indicateurs relatifs à la forme des liens ainsi qu'à la place occupée par les nœuds dans la structure générale du réseau. Les réseaux personnels, aussi appelés réseaux égocentrés, sont formés par l'ensemble des

¹⁶⁸ Comme nous le décrirons plus loin, c'est ce type de projection que nous avons utilisé pour passer d'un réseau *two-mode* caractérisant les liens entre les requérants de projets et les projets eux-mêmes en deux types de réseaux *one-mode*. Pour le premier, les nœuds sont les projets et les arêtes le nombre de professeurs que les projets ont en commun. Pour le second, les nœuds sont les professeurs et les arêtes les co-appartenances aux projets.

relations entretenues par *ego* avec ses contacts directs (étoile) ainsi que les relations entre les contacts eux-mêmes (Barnes 1972). Ces approches en termes de réseaux personnels présentent l'avantage de mieux restituer la dimension cognitive et individuelle des comportements relationnels que les approches structurales (Mercklé 2011 : 31). Par contre, elles laissent de côté la possibilité d'analyser les ressources conférées par la position d'un individu au sein d'un réseau global. Les différents types et formes de réseaux sont indissociables d'une opposition entre perspective relationnelle et structurelle qui a des conséquences importantes sur les interprétations des liens mis en avant par l'analyse de réseau. Néanmoins, on peut considérer qu'il existe des métissages possibles entre ces deux types de réseaux. Dans certains cas, il est possible d'intégrer les outils de l'analyse structurale dans le cas de réseaux égocentrés, lorsque l'on dispose d'informations sur les relations qu'entretiennent les *alter* entre eux. Ainsi, même s'il n'est pas un réseau complet, il décrit une « portion d'espace structurel personnel » (Maillochon 2010 : 199). Nous le montrerons, le réseau des professeurs, dans la manière dont il a été construit à partir de la base « P3 » du FNS, possède ces caractéristiques de réseaux personnels pour lesquels on peut aussi qualifier les *alter*. Dans notre analyse, nous aurons ainsi recours à certains indicateurs classiques de l'analyse structurale tels que la centralité de degré, d'intermédiarité et de vecteur propre (ou d'autorité), puis nous chercherons à qualifier les nœuds et les liens du réseau par la discipline des projets et la discipline des co-requérants. En considérant le capital social comme une ressource spécifique (Mercklé 2011 : 44), nous pourrions tester l'hypothèse d'une association entre la position occupée dans le réseau des collaborations scientifiques, le degré d'interdisciplinarité et la position occupée au sein de l'espace des professeurs traduisant certaines configurations spécifiques de capitaux.

1.3 Deux axes de questionnement

Ce chapitre est organisé autour de deux axes de questionnement. Le **premier axe** concerne la structure des réseaux de collaboration et se centre sur les liens entre le degré d'interdisciplinarité et le capital social des professeurs. Le **deuxième axe** aborde les logiques de distinction créées par l'interdisciplinarité et le capital social compris comme des ressources en les reliant à la distribution des positions dans l'espace des professeurs et aux profils de ces derniers.

Trois questions viennent structurer le **premier axe de questionnement**. Premièrement, l'analyse de la structure des réseaux de collaboration confirme-t-elle le caractère hétérogène et stratifié de la biologie, notamment la distinction entre biologie I et biologie II telle qu'elle a été abordée dans les chapitres précédents (**Q1**) ? Autrement dit, le capital social conféré par les positions occupées dans le réseau se distribue-t-il selon le prestige des disciplines ? Deuxièmement, certaines disciplines collaborent-elles plus souvent avec d'autres disciplines à l'image de la biologie moléculaire, parfois décrite comme interdisciplinaire « par nature » (Chen et al. 2014) (**Q2**) ? Dans le cas de la chimie, la position « au centre » du triangle qu'elle forme avec la biologie et la physique tel que formulé par la littérature présentée au chapitre 3 (Reinhardt 2002, Baudet 2017) se traduit-elle par une position particulièrement intermédiaire dans le réseau des collaborations ? Et existe-t-il des différences notoires entre les domaines de spécialisation de la discipline (Morillo et al. 2001) (**Q2**) ? Enfin, comment la fréquence des collaborations interdisciplinaires est-elle reliée au type et au volume de capital social mesuré par la place occupée dans la structure du réseau et la place dominante ou dominée des disciplines ? Retrouve-t-on une logique similaire à celle qui lie le degré d'interdisciplinarité à l'impact scientifique en termes de citations d'articles (Larivière & Gingras 2010) (**Q3**) ?

Pour répondre à ces questions, nous analyserons la place des disciplines et des professeurs dans les réseaux des projets et nous chercherons à mesurer comment le degré d'interdisciplinarité est lié à des positions spécifiques, au regard notamment du rôle de la centralité de degré, d'intermédiarité et de vecteur propre (Leydesdorff 2007, De Nooy et al. 2005, Rafols & Meyer 2009, Borgatti et al. 1998). D'abord, nous analyserons la structure des réseaux de collaboration pour rendre compte de la distribution du capital social et montrer dans quelle mesure elle reflète une hiérarchie des disciplines similaire à celle présentée dans les chapitres 3 et 4. Ensuite, nous chercherons à mesurer les liens entre le capital social et le degré d'interdisciplinarité des professeurs basé sur la fréquence à laquelle ils sont requérants de projets dans des disciplines différentes des leurs. L'analyse des liens entre capital social et interdisciplinarité est particulièrement intéressante dans le cas des collaborations par projets car elle permet de considérer un cas dans lequel on peut supposer une véritable interdisciplinarité des chercheurs, plus qu'une multidisciplinarité, compte tenu du potentiel degré d'intégration élevé de ceux-ci dans les projets.

Deux questions structurent notre **deuxième axe de questionnement** qui se centre sur l'interdisciplinarité et le capital social en tant que ressources distinctives pour les agents du champ scientifique (Bourdieu 1980b, Eloire 2018), c'est-à-dire sur les formes de l'interdisciplinarité du point de vue de la fréquence et de la discipline des collaborations, qui peuvent être comprises comme des ressources distinctives de renforcement d'une position dominante ou, au contraire, qui peuvent s'avérer une stratégie de compensation d'un manque de capital et donc une pratique pour l'essentiel des agents dominés de l'espace. Ce lien est-il strictement positif – plus d'interdisciplinarité et plus de capital social corrélés à plus de pouvoir académique – ou existe-t-il un seuil au-delà duquel le degré d'interdisciplinarité et le capital social sont associés à des positions dominées dans l'espace des professeurs comme on peut le constater dans certaines analyses bibliométriques (Larivière & Gingras 2010) **(Q4)** ? Plus spécifiquement, dans quelle mesure la collaboration avec certaines disciplines ressources, comme la médecine ou la physique, participe-t-elle à la distinction entre les professeurs de biologie et de chimie ? Et celles-ci sont-elles l'objet de stratégies de renforcement d'une position dominante, par exemple de la biologie II ou, au contraire, visent-elles à combler un déficit de ressources **(Q5)** ?

Pour répondre à ces questions, nous analyserons la manière dont le capital social et l'interdisciplinarité se distribuent dans l'espace des professeurs. La position des disciplines étant définie par les caractéristiques de leurs représentants, c'est-à-dire leur dotation différenciée en capital scientifique, institutionnel, international et extra-académique, il est possible d'analyser comment les disciplines des collaborations se distribuent dans l'espace et pour quels types de profils elles agissent comme des ressources de renforcement d'une position dominante ou d'une stratégie pour combler un manque de légitimité scientifique. D'abord, nous analyserons la distribution dans l'espace des disciplines et de la fréquence des collaborations. Ensuite, nous chercherons à lier les profils des professeurs avec les ressources issues des réseaux de co-requêtes.

Dans la partie suivante, nous développons notre stratégie de recherche basée sur le regroupement de données relatives à l'ensemble des projets de recherche financés par le FNS entre 1975 et 2015 et les données sur les élites académiques de la base « Elites suisses ». Nous disposons ainsi d'informations très complètes permettant une véritable mise en lien des données de réseaux avec les dynamiques d'opposition qui structurent l'espace des professeurs. De plus, l'analyse menée sur deux cohortes de professeurs (1980 et 2000) permet d'ajouter une dimension de comparaison historique, entre autonomisation et internationalisation. Dans la partie qui suit, nous présentons la stratégie, les données et les indicateurs utilisés pour ce chapitre.

2. Mesurer l'interdisciplinarité et le capital social à travers les projets de recherche du FNS : stratégie, données et méthodes

Afin de répondre à nos questions de recherche et de comprendre dans quelle mesure les pratiques interdisciplinaires et le capital social constituent effectivement des ressources distinctives pour les professeurs, nous proposons de lier les données des collaborations disciplinaires au sein des projets financés par le FNS avec l'analyse des dynamiques d'opposition qui structurent l'espace des positions des professeurs menée dans le chapitre précédent. Dans cette partie, nous présentons la stratégie, les données et les méthodes utilisées pour l'analyse des réseaux des co-requêtes des projets financés par le FNS et la manière dont nous les avons reliées aux données sur les professeurs de biologie et de chimie. Notre stratégie repose donc sur la combinaison des données de la base « Elites suisses » concernant les professeurs et les données de la base « P3 » (*Personnes, Publications, Projets*) du FNS qui recense l'ensemble des projets financés par celui-ci de 1975 à aujourd'hui. Nous avons choisi de nous restreindre aux professeurs de 1980 et de 2000 car, comme les projets ne sont recensés que depuis 1975, nous ne disposons pas des informations concernant les projets avant cette période et nous nous retrouvons avec beaucoup de données manquantes pour les professeurs de 1957. La base « P3 » contient des informations relatives aux projets obtenus et financés telles que le montant accordé, le type d'instrument d'encouragement, la discipline du projet, l'institution de rattachement des requérants lors du dépôt de la demande de financement ainsi que les dates de début et de fin des projets. Elle renseigne aussi sur le nom et le prénom des membres de chaque projet ainsi que leur fonction, c'est-à-dire les fonctions de *requérant principal*, *requérant secondaire* ou *collaborateur*.

Dans une première étape, nous avons analysé la structure du réseau des collaborations dans son entier, c'est-à-dire à partir de l'ensemble des projets de 1975 à 2015, afin de donner un contexte à la place des disciplines ainsi qu'aux relations qu'elles entretiennent. Nous avons ensuite cherché à recréer les liens entre les professeurs pour 1980 et 2000 sur le critère des co-appartenances aux projets. Il a été possible d'identifier les professeurs de la base « Elites suisses » au sein de la liste des requérants des projets et ensuite de relier les informations sur les projets et les informations sur les professeurs. Ainsi, chaque professeur de biologie et de chimie est relié à chaque projet pour lequel il a été requérant, chaque projet étant caractérisé par une date de début et de fin, un montant, une discipline et un instrument d'encouragement spécifique. Sur la base de ce réseau *two-mode* ou bipartite (Everett et al. 2013) comptant à la fois les individus co-requérants et les projets, nous avons pu effectuer une projection sur les professeurs de 1980 et de 2000, créant ainsi deux réseaux unimodaux (*one-mode network*) non dirigés (Zweig & Kaufmann 2011, Csardi & Nepusz 2006, De Nooy 2003 : 315) reliant les professeurs avec leurs co-requérants et collaborateurs sur le critère de co-appartenance aux projets. La procédure exacte ainsi que les données des réseaux qui ont mené à la construction du réseau des collaborations entre les professeurs sont détaillés ci-après.

Dans une deuxième étape, nous avons cherché à qualifier les projets de chaque professeur en fonction de la discipline de chaque co-requérant présent dans la base « Elites suisses » pour la croiser avec la discipline des projets et la discipline des professeurs de 1980 et 2000. Il est ainsi possible de voir à quelle fréquence ces derniers participent à des projets de la même discipline que la leur ou s'ils participent également dans des projets d'autres disciplines, et de même en fonction de la discipline de leurs co-requérants. Nous avons mesuré le capital social des professeurs en nous basant sur les trois indicateurs de centralité de degré, d'intermédiarité et d'autorité. Nous avons aussi construit un *score* d'interdisciplinarité mesurant, sous forme d'échelle, la fréquence à laquelle les professeurs participent à des projets d'une autre discipline que la leur.

Dans une troisième étape, nous avons repris les indicateurs de l'interdisciplinarité et du capital social pour les projeter dans l'espace des professeurs résultant des analyses menées dans le chapitre

précédent. Nous avons procédé d'abord à l'analyse des distances entre les coordonnées des modalités dans l'espace, puis à celle de la distribution des modalités dans la typologie des profils des professeurs. Dans cette dernière étape, nous réunissons ainsi les résultats issus des analyses de réseaux et des analyses des correspondances multiples pour aborder la question des rapports entre interdisciplinarité, capital social et profils des professeurs. Cette technique, inspirée notamment des travaux de Bühlmann et al. (2013) et Denord (2015), permet de rendre compte de la distribution du capital social dans l'espace et de relier le volume et le type de relations de collaborations avec les relations objectives, c'est-à-dire la dotation différenciée des professeurs en capitaux. L'intégration des résultats de l'analyse de réseaux dans ceux de l'analyse des correspondances multiples permet non seulement de concilier l'analyse des champs avec celle des réseaux, mais bien d'y apporter une dimension supplémentaire pour comprendre le rôle joué par les pratiques interdisciplinaires en tant que ressource pouvant renforcer une position dominante ou compenser une position dominée dans l'espace. Nous pourrions ainsi montrer comment la dimension des collaborations s'imbrique dans des logiques de distinctions, notamment parce que les interactions sont un mécanisme qui génère du capital symbolique (Bottero & Crossley 2011 : 103), de même que les relations objectives peuvent influencer les interactions à l'intérieur d'un champ (De Nooy 2003 : 325).

2.1 De la base « P3 » au réseau des professeurs de 1980 et 2000

Avant de passer à la description des indicateurs, cette partie est consacrée aux étapes qui ont mené à la construction du réseau des professeurs de 1980 et de 2000. Nous y décrivons notre cheminement, c'est-à-dire les différentes opérations qui nous ont permis de relier les données des projets de recherche aux données sur les professeurs. La version de la base « P3 » que nous avons utilisée contient 60'799 projets et 82'848 requérants entre 1975 et 2015 toutes disciplines confondues. Ces requérants peuvent prendre la fonction de requérant *principal*, de requérant *secondaire* ou de *collaborateur*. Sur l'ensemble des requérants, nous avons pu identifier 3'749 membres de l'élite recensés dans la base de données « Elites suisses ». Sur ces élites, 2'317 (61.8%) sont des requérants principaux, 1'282 (34.2%) sont des requérants secondaires et seulement 150 (4%) possèdent le statut de collaborateur. Le réseau compte 192'948 liens de collaborations qui forment l'*edgelist* du réseau *two-mode* composé de l'ensemble des co-appartenances aux projets FNS. En d'autres termes, on peut compter 192'948 liens entre les individus et les projets.

Pour chaque projet ayant effectivement été financé par le FNS, la base « P3 » fournit des informations sur le titre du projet, la date de début et la date de fin, le montant accordé, l'instrument d'encouragement et la discipline du projet. Il existe 67 instruments d'encouragement différents que nous avons recodés en sept catégories : Les catégories concernant les projets financés par les Divisions I à III, les Programmes nationaux de recherche (PNR) et les Pôles de recherche nationaux (NCCR) ont été reprises telle quelles. Le reste des instruments ont été regroupés dans les catégories génériques suivantes : la catégorie « Bourses » regroupe 23 instruments différents reliés aux différents programmes de financement individuels de séjours postdoctoraux, mobilités et subsides pour professeurs boursiers. La catégorie « Encouragement de projets (autre) » regroupe 22 instruments dédiés aux projets interdisciplinaires et de coopération internationale. La catégorie « Infrastructures » regroupe 9 instruments dont les plus importants sont les financements liés aux plateformes de recherche et aux équipements de pointe. Enfin, la catégorie « Valorisation (publications/conférences) » regroupe les financements accordés pour l'organisation de colloques et conférences scientifiques ainsi que pour des subsides de publications.

Concernant les disciplines de dépôt des projets, la base compte 162 catégories que nous avons recodées en 15 disciplines, puis en huit catégories pour les besoins des analyses. Le nombre de catégories par discipline varie fortement, de 43 pour la médecine clinique, préventive et sociale et 17 pour les sciences naturelles médicales, 17 pour la biologie à seulement cinq pour la chimie, comme détaillé dans l'annexe 6.1.

Nous avons sélectionné l'ensemble des projets qui contenaient au moins un professeur de l'échantillon, c'est-à-dire au moins un professeur de biologie ou de chimie présent à la date de 1980 ou de 2000, en tant que requérant *principal* ou *secondaire*¹⁶⁹. 2'358 projets contiennent au moins un professeur de biologie ou de chimie à la date de 1980 et 4'475 projets au moins un professeur de biologie ou de chimie à la date de 2000. Ces réseaux correspondent, pour 1980, à 10'545 liens de participation aux projets si l'on considère les professeurs et tous leurs collaborateurs et 4'228 liens si l'on considère uniquement les requérants principaux et secondaires. Pour 2000, on retrouve 23'788 liens si l'on considère l'ensemble des collaborateurs et 8'290 liens concernant les requérants principaux et secondaires uniquement. Chacun des projets contenant au moins un membre professeur, les liens peuvent se construire uniquement au travers de ces projets.

Pour effectuer le croisement entre les deux bases, nous avons pu identifier les professeurs de biologie et de chimie de 1980 (N=295) et de 2000 (N=342) parmi la liste des membres des projets. L'identification des individus a été effectuée sur la base des noms et prénoms, d'abord par similitude parfaite, puis contrôlés manuellement au cas par cas¹⁷⁰. Certains professeurs de l'échantillon ne figurent pas du tout dans la liste des membres des projets de la base du FNS. Ils sont 44 en 1980 et 8 en 2000. Malgré le fait que les projets de recherche ne soient recensés qu'à partir de 1975, le nombre de professeurs de 1980 qui n'y figurent pas est relativement peu élevé compte tenu du fait qu'un certain nombre d'entre eux ont effectué la majorité de leur carrière avant la date de 1980. La corrélation est plutôt forte entre l'année de naissance de ces professeurs et le nombre total de projets (Pearson 0.483) alors qu'elle est quasi nulle pour les professeurs de 2000 (Pearson 0.0706), impliquant que notre analyse sous-estime probablement le nombre de projets obtenus par les professeurs les plus âgés pour la cohorte de 1980. Cette différence peut en partie être attribuée à l'augmentation dans le temps du budget du FNS.

2.2 Les données sur les professeurs : projets, profils, carrières et disciplines

Une fois que nous avons pu identifier les professeurs de l'échantillon parmi les requérants de projets dans la base « P3 » et créé leurs réseaux de collaborations, nous avons croisé ces données avec celles des professeurs pour les années 1980 et 2000. Dans cette partie, nous présentons la répartition des projets entre les professeurs, c'est-à-dire la distribution du nombre de projets et du financement total reçus selon la cohorte, la nationalité, la discipline, les carrières et les profils. Ce premier aperçu de la répartition des ressources issues de l'obtention de projets nous permet de constater que celles-ci sont davantage distribuées en fonction de la cohorte et des spécialisations disciplinaires qu'en fonction des nationalités et des types de carrières. En d'autres termes, la reconnaissance scientifique conférée au niveau national semble créer une distinction surtout du point de vue des disciplines et de la période, mais beaucoup moins en fonction de l'internationalité des professeurs. En premier lieu, nous

¹⁶⁹ La proportion des liens créés par des professeurs avec une fonction de collaborateur est extrêmement faible. De plus, la fonction de collaborateur avant la nomination comme professeur n'implique pas nécessairement autant d'intégration que celle de requérant.

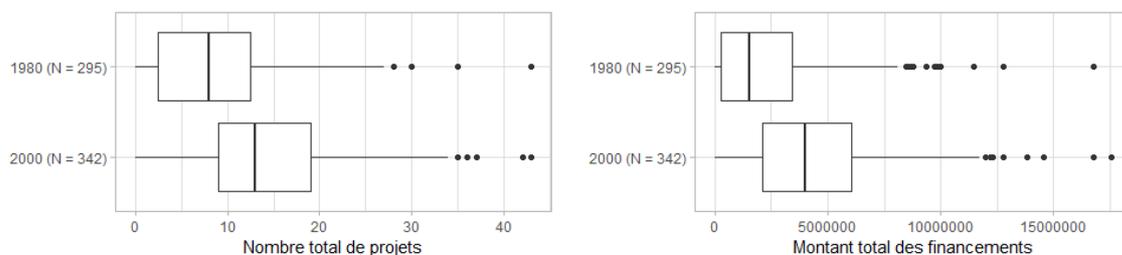
¹⁷⁰ Nous tenons à remercier Steven Piguet qui a effectué le plus gros de cet important travail d'identification des élites.

présentons la répartition du nombre et du montant des financements des projets des professeurs en fonction de la cohorte.

Distribution du nombre et du montant total des projets de recherche par cohorte

Le nombre de projets et les montants accordés varient de manière importante pour les deux cohortes, comme indiqué dans les deux figures ci-après. Les professeurs de 1980 (N=295) ont en moyenne 8.6 projets financés, alors que les professeurs de 2000 (N=342) en ont 14.1. Les montants totaux des financements accordés aux professeurs de 2000 sont également supérieurs à ceux de 1980, plus du double, avec une moyenne de 4'499'844 francs contre 2'229'507 francs. En termes de part du budget du FNS, ces montants correspondent à environ 6.4% et 6.5% du total des financements octroyés. Cette mesure indicative est basée sur le budget total entre 1975 et 1995 (3'495 millions) pour les professeurs de 1980 et le budget total entre 1990 et 2010 (6'979 millions) pour les professeurs de 2000 et doit donc être prise avec un maximum de précautions.

Figure 5.1 Distribution du nombre de projets et du montant total des financements selon la cohorte



Le nombre de projets total par professeur et le montant des financements sont environ deux fois plus élevées pour les professeurs de 2000 que pour les professeurs de 1980, mis à part un nombre restreint de cas extrêmes possédant un volume très élevé à la fois de projets et de financements. Ces deux indicateurs constituent une mesure du capital scientifique conféré par l'obtention de moyens pour la recherche, dont nous allons maintenant montrer la distribution en fonction de quatre variables : la nationalité, le type de carrière, le type de profil et les sous-disciplines. Comme les deux indicateurs du montant des financements et du nombre de projets sont fortement corrélés (Pearson 0.83 pour 1980 et Pearson 0.71 pour 2000), nous présentons uniquement la distribution du nombre de projets.

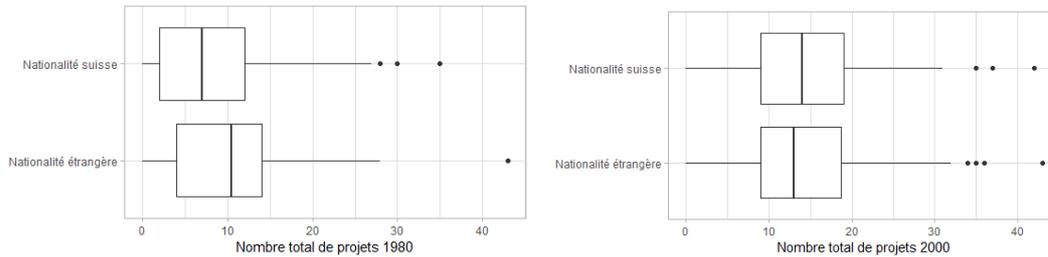
Nationalités

Le FNS étant une institution de financement nationale de la recherche, il pourrait être attendu que le nombre de projets financés soit moindre pour les professeurs de nationalité étrangère, a fortiori si ceux-ci ont passé une partie de leur carrière en dehors de la Suisse. En effet, le fait d'exercer une fonction dans le champ académique national est une condition pour pouvoir déposer une demande de financement auprès du FNS¹⁷¹. Par contre, la nationalité n'est pas un critère formel, mais pourrait s'avérer discriminante si elle est corrélée avec une propension à avoir effectué une partie de la carrière

¹⁷¹ Voir le Règlement relatif à l'encouragement de projets du 4 novembre 2014, article 5 alinéa 1 et le Règlement des subsides du 27 février 2015 approuvé par le Conseil fédéral le 27 mai 2015, article 10 alinéa 2 : « Une activité de recherche scientifique en Suisse ou étroitement liée à la Suisse existe lorsque la ou le requérant-e est engagé, selon le droit suisse pour la durée du projet de recherche concerné auprès d'un établissement de recherche du domaine des hautes écoles ou d'un établissement de recherche à but non lucratif situé en dehors du domaine des hautes écoles dont le siège est situé en Suisse. »

à l'étranger plus importante que pour les professeurs suisses. Il apparaît néanmoins que ce n'est pas le cas, ni pour les professeurs de 1980, ni pour les professeurs de 2000.

Figure 5.2 Distribution du nombre de projets selon la nationalité des professeurs



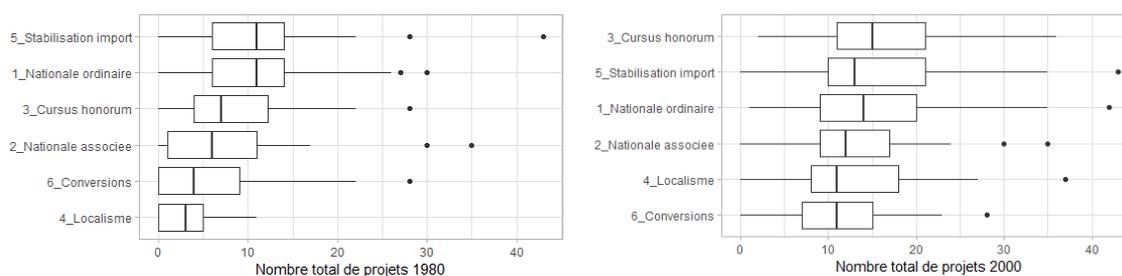
Les professeurs de nationalité étrangère (N=72) ont un nombre moyen de projets plus élevé que les professeurs de nationalité suisse (N=219) pour la cohorte de 1980, avec une moyenne de 10.1 projets pour les premiers et de 8.1 projets pour les seconds. Pour les professeurs de 2000, la moyenne est assez proche avec 14.3 projets pour les professeurs de nationalité suisse (N=200) et 14 projets pour les professeurs de nationalité étrangère (N=130).

Puisque le fait d'occuper une fonction en Suisse est une condition formelle pour le dépôt des demandes de financement, il est intéressant de comparer le nombre de projets obtenus et le nombre d'années de la carrière passées en Suisse. Comme les données sur les carrières des professeurs couvrent une période allant de 20 à 50 ans, nous ne considérons que le nombre de projets obtenus jusqu'à cet âge, divisé par le nombre d'années en Suisse à compter de l'âge d'obtention du doctorat. Le ratio ainsi obtenu indique le nombre de projets obtenus par le nombre d'années durant lesquelles un professeur est éligible. Pour les deux années, le score moyen de ce ratio est plus élevé pour les professeurs de nationalité étrangère que pour les professeurs de nationalité suisse. En 1980, ces derniers ont obtenu en moyenne 0.15 projet par année d'éligibilité alors que les professeurs de nationalité étrangère en ont obtenu en moyenne 0.24. Comme il manque certainement des projets associés aux professeurs les plus âgés de la cohorte, ces résultats sont à prendre avec précaution. En 2000, les professeurs suisses ont obtenu en moyenne 0.44 projet par année d'éligibilité et les professeurs de nationalité étrangère en ont obtenu 0.55 en moyenne. Bien qu'il existe une différence, elle n'est pas aussi marquée que l'on aurait pu l'imaginer.

Types de carrières

Si la nationalité étrangère ne discrimine pas la répartition du nombre de projets, on peut se demander ce qu'il en est des professeurs qui ont mené une carrière à l'étranger. Là encore, il semble que les professeurs ayant effectué une partie de leur carrière hors de la Suisse ne soient pas particulièrement en retrait face aux professeurs ayant effectué toute leur carrière en Suisse en matière de nombre de projets financés.

Figure 5.3 Distribution du nombre de projets par type de carrières (par ordre des moyennes)



Nous avons repris ici la typologie des carrières établie dans le chapitre précédent¹⁷². Les professeurs de 1980 détenant le plus de projets sont les professeurs appartenant au type des carrières *stabilisation import* (10.9 projets en moyenne), soit des carrières menées principalement hors de la Suisse avant une stabilisation en Suisse au poste de professeur ordinaire. Ensuite, la hiérarchie de la distribution du nombre de projets suit la hiérarchie des carrières en termes de volume et du type de ressources accumulées, les carrières *nationales ordinaires* (10.7 projets en moyenne) et *cursus honorum* (8.9 projets en moyenne) menant au poste de professeur ordinaire, aux carrières *nationales associées* menant au poste de professeur associé (7.1 projets en moyenne) et, finalement, aux carrières de *conversions* et de *localisme* qui caractérisent les trajectoires des professeurs les moins dotés en capital spécifique de l'espace (6.4 et 3.5 projets en moyenne). En 2000, la logique est sensiblement la même. Les professeurs possédant le plus de projets sont ceux qui ont suivi une carrière de type *cursus honorum* avec 16.4 projets en moyenne, suivis des professeurs ayant passé une grande partie de leur carrière hors de la Suisse avec une moyenne de 15.6 projets (*stabilisation import*). A nouveau, les carrières à l'étranger ne semblent pas réduire les chances de bénéficier d'importants financements de la part du FNS par rapport aux carrières effectuées dans le champ national et la distribution du nombre total de projets semble suivre la hiérarchie des positions auxquelles les carrières donnent accès en tendance.

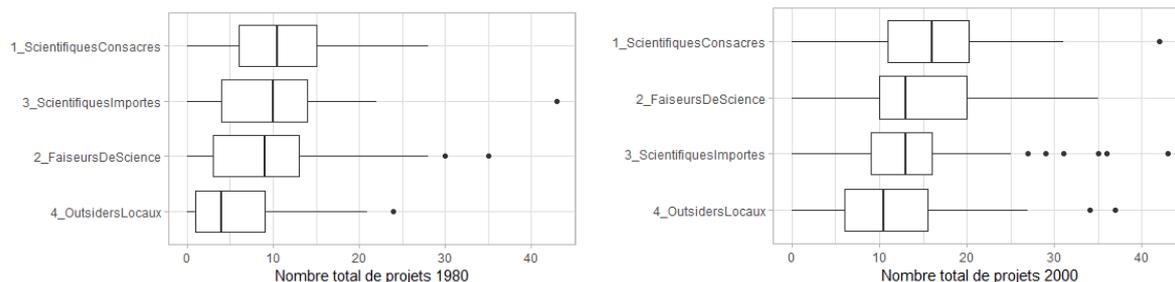
Typologie des profils

La distribution du nombre de projets en fonction des profils des professeurs vient renforcer l'hypothèse de travail d'un rapport positif entre le nombre de projets et la hiérarchie des positions. Dans le chapitre précédent, nous avons créé une typologie des profils des professeurs reflétant chacune une certaine configuration de capital spécifique à l'espace interprétable comme une forme spécifique de pouvoir académique basé sur la distribution des ressources scientifiques, temporelles et internationales : les *scientifiques consacrés*, les *faiseurs de science*, les *scientifiques importés* et les *outsiders locaux*¹⁷³.

¹⁷² Les six catégories sont : la carrière *nationale ordinaire* qui caractérise des parcours effectués en Suisse donnant accès au poste de professeur ordinaire, la carrière *nationale associée* qui décrit des parcours effectués en Suisse donnant accès au poste de professeur extraordinaire ou associé, la carrière *cursus honorum* reflétant un « ancien » modèle de carrière menée en Suisse suivant un ordre graduel des étapes vers le poste de professeur ordinaire, la carrière de *localisme* caractérisant des trajectoires nationales et locales de longue durée dans des postes en pré-stabilisation, la carrière de *stabilisation import* qui décrit une stabilisation en Suisse après une carrière internationale et, enfin, la carrière de *conversions* qui est le cluster résiduel de l'analyse de séquences regroupant à la fois les carrières extra-académiques et les longues carrières internationales à des postes non stabilisés.

¹⁷³ Les *scientifiques consacrés* concentrent le volume le plus élevé de ressources scientifiques et temporelles, les *faiseurs de science* représentent la fraction de l'espace la mieux dotée en capital scientifique du point de vue de la structure du capital spécifique, les *scientifiques importés* sont les professeurs les plus internationalisés et les *outsiders locaux* les moins dotés en ressources globales, les détenteurs de capital extra-académique et les mieux ancrés localement.

Figure 5.4 Distribution du nombre de projets selon la typologie des profils des professeurs (par ordre des moyennes)

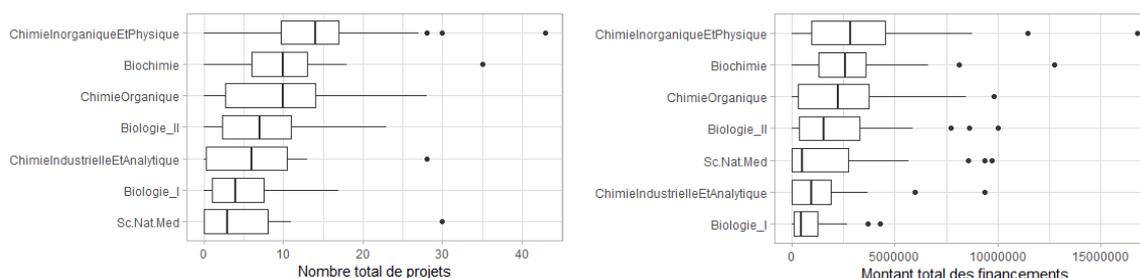


Pour les deux cohortes, les professeurs ayant le plus de projets de recherche financés par le FNS sont les professeurs du type *scientifiques consacrés*, qui sont par ailleurs les plus dotés en capital spécifique. De l'autre côté, les professeurs ayant le moins de projets sont les *outsiders locaux*, également pour les deux cohortes, avec une moyenne de 5.6 projets obtenus durant leur carrière en 1980 et 11.8 projets en 2000. Les *scientifiques importés* et les *faiseurs de science* possèdent un nombre de projets clairement supérieur aux *outsiders locaux* pour les deux cohortes et se distinguent davantage des scientifiques consacrés pour l'année 2000 que pour l'année 1980 pour laquelle les moyennes du nombre de projets pour ces trois profils sont relativement proches ; les *scientifiques consacrés* obtiennent en moyenne 10.6 projets, les *scientifiques importés* 10.1 projets et les *faiseurs de science* 9.4 projets. En 2000, la différence est un peu plus marquée, les *scientifiques consacrés* obtenant une moyenne de 15.8 projets, les *faiseurs de science* 14.6 projets et les *scientifiques importés* 13.8 projets. Ces résultats sont plutôt intéressants car, si l'on note une distribution inégale du nombre de projets en fonction des profils, celle-ci n'est pas non plus discriminante au point de défavoriser drastiquement l'un ou l'autre profil (notamment les *scientifiques importés* et les *outsiders locaux*).

Sous-disciplines

Enfin, nous pouvons constater que la distribution du nombre de projets montre d'importantes variations selon les sous-disciplines. Nous présentons aussi les financements dont la répartition traduit la même hiérarchie que celle du nombre de projets, mais avec une distribution différente. En 1980, les sous-disciplines qui comptent le plus de projets ainsi que les financements totaux les plus élevés sont la chimie inorganique et physique, la biochimie et la chimie organique. La biologie II, la chimie industrielle, la biologie I et les sciences naturelles médicales possèdent un nombre de projets et un montant des financements moins élevés, ces dernières étant les moins bien dotées dans les deux indicateurs (figure 5.5).

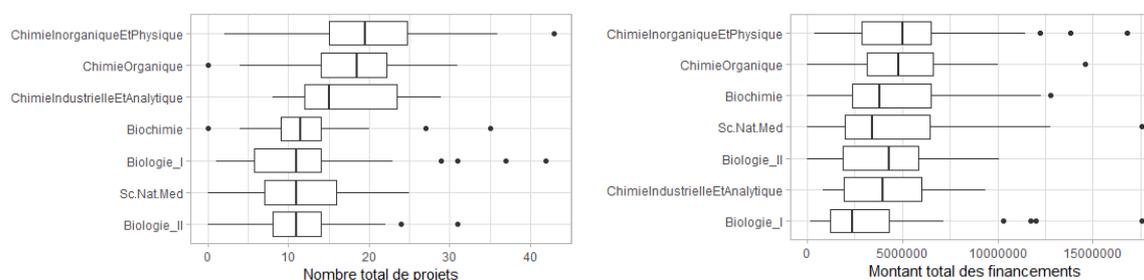
Figure 5.5 Distribution du nombre de projets et des financements selon les disciplines de 1980 (par ordre des moyennes)



En 1980, les professeurs de chimie inorganique et physique, de biochimie et de chimie organique sont donc ceux qui détiennent le plus de ressources scientifiques en termes de nombre de projets et de montant des financements. Les premiers possèdent en moyenne 14 projets et les professeurs de biochimie et de chimie organique 9.7 projets. Viennent ensuite les professeurs de biologie II avec une moyenne de 7.4 projets, puis les fractions les moins bien dotées en prestige scientifique que sont la chimie industrielle (7.2 projets), la biologie I (4.8 projets) et les sciences naturelles médicales (4.8 projets). La distribution des projets FNS semble ainsi refléter globalement la hiérarchie des sous-disciplines des années 1980 telle que présentée au chapitre 4 : les professeurs de biochimie, de chimie inorganique et de biologie II qui occupent parmi les positions les mieux dotées en capital spécifique sont aussi ceux qui bénéficient du plus grand nombre de projets et des financements les plus élevés, alors que les professeurs de biologie I et de chimie industrielle qui occupent la fraction dominée de l'espace des professeurs en termes de ressources globales sont ceux qui possèdent le moins de projets et le moins de financements.

En 2000, la hiérarchie selon le nombre de projets et les montants des financements continue de distinguer les sous-disciplines de la chimie des sous-disciplines de la biologie, les premières obtenant globalement davantage de projets et de financements que les secondes. La différence est même plus marquée qu'en 1980, avec un nombre moyen de 20.1 projets par professeur pour la chimie inorganique, 18.2 pour la chimie organique et 17.6 pour la chimie industrielle et analytique, soit presque le double du nombre moyen de projets par professeur en biologie I (11.7) et biologie II (11.1)¹⁷⁴. Ainsi, on constate que la distribution du nombre de projets et des financements pour les professeurs de 1980 ne reflète pas le changement dans la hiérarchie des disciplines de la période, et notamment l'affirmation de la biologie moléculaire, puisque les professeurs de biologie II et de sciences naturelles médicales ne sont pas particulièrement dotés en ressources issues des projets FNS.

Figure 5.6 Distribution du nombre de projets et des financements selon les disciplines de 2000 (par ordre des moyennes)



De manière générale, les professeurs de chimie obtiennent davantage de projets que les professeurs de biologie, en 2000 comme en 1980. Même si d'autres sources de financements sont disponibles pour les professeurs et que d'autres lieux de collaboration peuvent exister au sein desquels la biologie serait potentiellement mieux valorisée, la hiérarchie des disciplines basée sur l'octroi des fonds de recherche par le FNS souligne le maintien d'une stratification de l'autorité au sein du champ scientifique (Benninghoff & Braun 2010) et la continuité de l'importance donnée à la chimie par rapport à la biologie.

Cette première analyse descriptive montre que le nombre de projets et le montant des financements pris comme deux indicateurs du capital scientifique se distribuent de manière différenciée selon les

¹⁷⁴ De façon étonnante, ce résultat contredit les chiffres avancés dans le chapitre 3, qui montraient que le FNS finance globalement plus de projets en biologie qu'en chimie, de même que ces projets sont en moyenne plus chers.

sous-disciplines et les cohortes, mais de manière beaucoup moins claire selon la nationalité, le type de carrière et le type de profil.

2.3 Les indicateurs de l'interdisciplinarité et du capital social

Après avoir présenté quelques analyses descriptives sur les professeurs, nous revenons une dernière fois sur des aspects méthodologiques en présentant la construction des indicateurs qui serviront à mesurer le volume et la structure de l'interdisciplinarité et du capital social. Nous y présentons également quatre indicateurs de capital scientifique liés à l'obtention de projets de recherche.

2.3.1 Les trois indicateurs de l'interdisciplinarité

Trois indicateurs ont été développés pour tenter de mesurer le volume et la structure des collaborations entre les disciplines des projets et des professeurs. Le premier est basé sur la fréquence de ces collaborations, le deuxième sur la comparaison de la discipline des professeurs et de celle des projets et le troisième sur la comparaison de la discipline des professeurs et de leurs co-requérants.

La discipline des projets

D'abord, nous avons cherché à qualifier, pour chaque professeur, la discipline de chaque projet pour lequel il a été requérant. Les disciplines des projets ont été regroupées en quatre catégories : **Proj_Biologie**, **Proj_Chimie**, **Proj_Médecine** et **Proj_Autre**. Il en résulte huit variables binaires, quatre pour la biologie et quatre pour la chimie correspondant au fait d'avoir été requérant au moins une fois dans un projet de l'une de ces quatre disciplines.

La discipline des co-requérants

Ensuite, le deuxième set de variables cherche à qualifier, pour chaque professeur, les disciplines des co-requérants avec lesquels il a collaboré. La discipline des co-requérants est disponible pour les élites académiques référencées dans la base « Elites suisses » et l'effectif de ces dernières est donc supérieur au nombre de professeurs de biologie et de chimie puisqu'il inclut des professeurs d'autres disciplines. Le nombre de co-requérants élites pour lesquels nous détenons une information sur la discipline est de N=451 pour le réseau de 1980 et de N=647 pour le réseau de 2000. Les co-requérants ont été regroupés en six catégories : **CoReq_Biologie**, **CoReq_Chimie**, **CoReq_Biochimie**, **CoReq_ScNatMed** (sciences naturelles médicales), **CoReq_Médecine** et **CoReq_Autre**. Il en résulte 12 variables binaires, six pour la biologie et six pour la chimie, correspondant au fait d'avoir collaboré au moins une fois avec un requérant élite d'une de ces six disciplines au sein d'un même projet.

Le degré d'interdisciplinarité des professeurs

Enfin, nous avons cherché à mesurer la fréquence des collaborations interdisciplinaires basée sur la comparaison de la discipline des professeurs avec la discipline des projets pour lesquels ils ont été requérants. A l'aide des informations complètes disponibles sur la discipline des projets, nous avons pu établir, pour chaque professeur, un *degré* d'interdisciplinarité basé sur la fréquence des participations à des projets d'une autre discipline que la sienne. On obtient un score basé sur le ratio des projets sur le nombre total de projets pour chaque professeur allant de 0 collaboration dans des projets d'une autre discipline à 100% de projets dans une autre discipline.

2.3.2 Les trois indicateurs du capital social

Les indicateurs du capital social sont formés par trois indicateurs standards utilisés dans l'analyse structurale des réseaux pour mesurer la centralité des nœuds. Une très bonne synthèse des différentes mesures du capital social est notamment trouvable chez Borgatti et al. (1998).

La **centralité de degré** (Burt 1983) correspond au nombre de contacts d'un nœud. Il est « le plus fruste des indicateurs de centralité » car il ne prend en compte que la portion locale du réseau constitué par les contacts directs d'un individu, sans tenir compte ni des caractéristiques structurales ni a fortiori des caractéristiques de l'ensemble du réseau (Mercklé 2011). Dans le réseau bipartite, le degré correspond au nombre de projets pour les individus et au nombre de collaborateurs pour les projets. Le **degré projeté** suit le même calcul que la centralité de degré appliquée à la projection du réseau sur les individus ou les projets. Il s'agit donc également d'une mesure de la taille du réseau personnel local, mais qui représente cette fois le nombre d'individus connectés dans le cas d'une projection sur les individus, et du nombre de projets connectés dans le cas d'une projection sur les projets.

La **centralité d'intermédiarité** (Freeman 1979) mesure le nombre de fois où un nœud est positionné sur le plus court chemin en reliant deux autres. Cet indicateur permet donc de mesurer le nombre de chemins du réseau auxquels un individu appartient, indépendamment de la taille de son réseau direct. En effet, il est tout à fait possible qu'un individu puisse ne posséder qu'un nombre peu élevé de contacts, mais qu'il occupe une position clé en tant que « point de passage » obligé pour les autres (Mercklé 2011 : 54).

Enfin, la **centralité de vecteur propre** (*Eigenvector*) (Bonacich 1972) vient compléter ce set d'indicateurs structurels par une mesure de l'importance d'un nœud dans un réseau, aussi souvent qualifiée de mesure d'autorité. Ici, la centralité d'un nœud est définie par la centralité des nœuds auxquels il est connecté. Ainsi, plus un individu est connecté à d'autres individus eux-mêmes fortement connectés, plus l'indice est fort et l'individu est central.

2.3.3 Les indicateurs du capital scientifique

Nous considérons les variables du **nombre de projets** et du **montant des financements** comme des indicateurs de capital scientifique ; plus le nombre de projets obtenus est grand et les financements élevés, plus le volume de capital scientifique est important. Nous intégrons deux autres indicateurs pour affiner la mesure du capital scientifique relié aux projets de recherche. D'abord, **l'âge d'obtention du premier projet collectif** sert à contrôler le volume de capital scientifique en suivant l'hypothèse que plus un individu obtient des projets tôt dans sa carrière, plus le nombre de projets risque d'être élevé au total. Ensuite, la **fonction occupée dans les projets** mesure l'importance du capital conféré par la participation aux projets, un requérant principal étant supposément davantage impliqué qu'un requérant secondaire. Cette variable est un ratio que nous avons choisi de catégoriser en quatre modalités pour en faciliter l'interprétation : occupation de fonction *uniquement principale*, *plutôt principale*, *plutôt secondaire* et *uniquement secondaire*.

3. La structure disciplinaire du réseau des projets de recherche

Notre premier axe de recherche concerne l'analyse de la structure des réseaux de collaboration et des liens entre le degré d'interdisciplinarité et le capital social des professeurs. Avant de présenter le réseau des collaborations des professeurs de biologie et de chimie pour 1980 et 2000, nous nous intéressons à la structure du réseau formé par l'ensemble des collaborations, que nous appelons « réseau total ». La première partie a pour objectif de fournir un contexte à l'analyse des collaborations

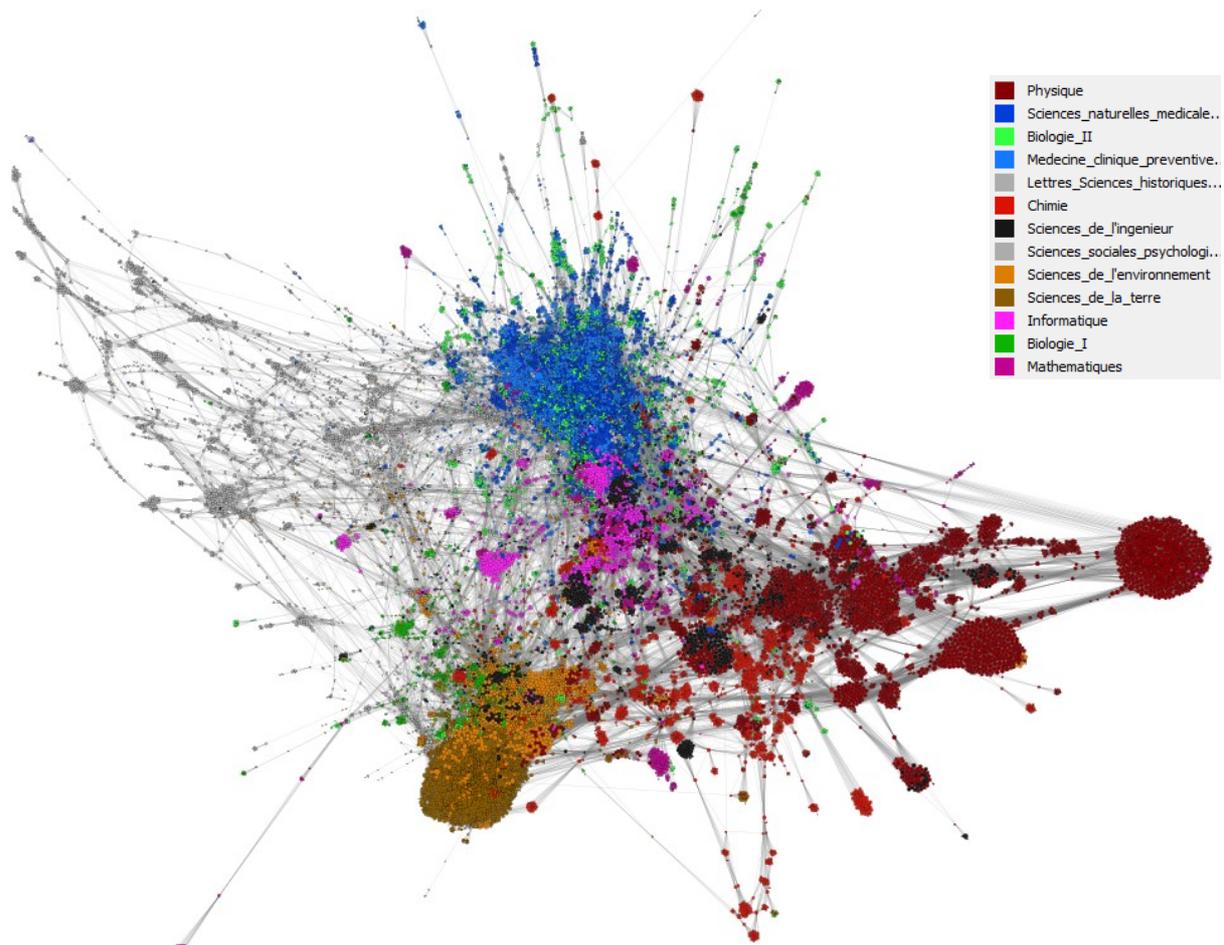
des professeurs de biologie et de chimie en calculant la centralité des projets dans le réseau et le degré général d'interdisciplinarité des projets par discipline mesuré par la proportion des liens existant vers d'autres disciplines. Cette mesure pourra permettre de donner un aperçu du lien entre la structure du réseau des projets et le prestige des disciplines, de questionner le caractère stratifié de la biologie (Q1) et le degré général d'interdisciplinarité des disciplines ainsi que d'évaluer dans quelle mesure la chimie occupe une place intermédiaire dans le réseau de collaborations (Q2). Les deuxième et troisième parties sont consacrées à l'analyse du degré d'interdisciplinarité et du capital social des professeurs de 1980 et 2000 et permettront d'approfondir ces premières observations en mettant en lien la fréquence des collaborations interdisciplinaires et la dotation en capital social des professeurs (Q3).

3.1 Réseau total des projets de recherche

Afin de situer le contexte des collaborations disciplinaires, nous présentons en premier lieu le réseau formé de l'ensemble des projets de recherche financés par le FNS entre 1975 et 2015 reliés par les liens de co-appartenance des requérants. Notre objectif est de contextualiser la place et le pouvoir des disciplines au sein de ce réseau de collaboration basé sur les projets financés par les Divisions I à III, les projets interdisciplinaires et internationaux, les infrastructures et les programmes nationaux de recherche. Nous avons ainsi mis de côté les autres instruments de financements qui ne sont pas propres aux projets de recherche, c'est-à-dire les bourses individuelles et les valorisations de conférences et de publications. Afin de réduire le nombre de liens aux individus les plus importants des projets, nous avons retenu uniquement les individus occupant la fonction de requérants principaux et secondaires. Les liens entre les projets se font donc uniquement par l'intermédiaire de ces deux types de requérants, et non par les autres collaborateurs des projets.

Le réseau total des projets compte ainsi 63'750 liens existant entre 31'072 projets financés et 16'838 requérants. Comme nous possédons les informations complètes sur les disciplines des projets, il est possible de se concentrer sur les liens existants entre ces dernières pour aborder (1) la fréquence et l'étendue des connections entre les projets des différentes disciplines et la place qu'occupent celles-ci dans la structure du réseau des collaborations mesurée par leur degré de centralité et (2) le type de discipline qui forme le réseau local autour des projets. Chaque projet compte de 1 à 59 requérants avec une moyenne de 2.05 requérants par projet et une médiane de 2 requérants par projet. Les projets avec un seul requérant comptent pour 38.5% du total, les projets avec deux requérants 34.3%, les projets avec trois requérants 16.3%, les projets avec quatre requérants 8.8%, et les 2.3% restants sont les projets comptant plus de quatre requérants. Les *nœuds* du réseau unimodal présenté ci-dessous sont les projets (N=31'072) et les *arêtes* sont les individus co-requérants (N=259'621 liens). Si un requérant prend part à deux projets, ceux-ci sont reliés par un lien ayant un poids de 1. Si deux requérants prennent part aux mêmes deux projets, ils créent un lien de poids 2 et ainsi de suite jusqu'à un maximum de 19. La figure ci-dessous représente la principale composante connexe de ce réseau qui regroupe 82.9% des nœuds et 96.3% des liens. La taille des nœuds correspond au degré projeté, soit le nombre de projets auxquels un projet est connecté par l'intermédiaire de ses requérants. Chaque projet est en moyenne connecté à 16.7 autres projets (médiane de 11), avec un maximum de 281 projets interconnectés.

Figure 5.7 Réseau total des projets de collaboration par projet (principale composante connexe)



Part des nœuds par discipline dans l'ensemble du réseau : Physique (12.06%), Sciences naturelles médicales (11.33%), Sciences sociales, sciences économiques et droit (10.84%), Biologie II (10.27%), Médecine clinique (9.85%), Lettres et humanités (9.49%), Chimie (8.82%), Sciences de l'ingénieur (7.01%), Sciences de l'environnement (5.04%), Sciences de la terre (5%), Informatique (4.01%), Biologie I (3.27%) et Mathématiques (3.03%).

La représentation du réseau des projets FNS peut orienter notre analyse du contexte des collaborations disciplinaires. Une première visualisation exploratoire (Beauguitte 2016) semble en effet révéler deux caractéristiques importantes du réseau, même si le nombre de relations particulièrement élevé le rend assez complexe et qu'il n'est pas possible de tirer des conclusions sur sa structure uniquement à partir de sa représentation graphique. La première est que le réseau est peu dense (0.001) et relativement étendu. La seconde est que certaines disciplines semblent former des zones situées dans des portions spécifiques du réseau et relativement homogènes. Les disciplines se distinguent donc spatialement les unes des autres, en formant des zones visuellement identifiables. C'est particulièrement le cas pour la médecine (en haut), les sciences de la terre et de l'environnement (en bas), la physique (à droite) et les sciences sociales et les lettres (à gauche). Au centre du réseau, on trouve les projets en informatique, en mathématiques et en sciences techniques qui créent des ponts entre les autres disciplines. Les projets en chimie apparaissent comme davantage décentralisés et ne se regroupent pas autant visuellement que les projets en physique ou en sciences de la terre. Ils semblent se trouver plutôt proches de ces dernières, en créant des ponts un peu à la manière de l'informatique et des mathématiques. Les projets en biologie sont quant à eux fortement dispersés dans le réseau, une partie étant connectée spatialement aux projets en médecine et correspondant visuellement aux projets en biologie II, alors qu'une autre l'est avec les sciences de la terre et de l'environnement (les projets en biologie I).

De manière intuitive, la spatialisation des disciplines dans le réseau des projets semble appuyer l'hypothèse d'une importante hétérogénéité de la biologie et d'une différenciation marquée entre les deux biologies en matière de collaboration disciplinaire. Les projets en chimie paraissent également relativement décentralisés, ce qui pourrait indiquer qu'il se situent quelque part « à l'interface » d'autres disciplines. La qualification des liens entre les projets peut donner une indication générale de la fréquence à laquelle les disciplines des projets sont connectées. Pour cela, il est possible de calculer la part des liens existant entre chaque discipline en fonction du total des liens du réseau (N=259'621). Les pourcentages sur le total des liens par discipline donnent un renseignement sur la proportion, au sein même d'une discipline, des liens entretenus avec des projets d'autres disciplines (tableau 5.1).

Tableau 5.1 Qualification des liens entre les projets (en %) N = 259'621

	Biologie I	Biologie II	Chimie	Droit	Informatique	Lettres	Mathématiques	Médecine clinique	Physique	Sciences de l'environnement	Sciences de l'ingénieur	Sciences de la terre	Sciences économiques	Sciences naturelles médicales	Sciences sociales
Biologie I	67.3	3.4	0.3	0	0.4	0.7	0.3	0.1	0.0	3.1	0.7	0.7	0.3	0.6	0.1
Biologie II	8.2	61.0	1.8	0.1	0.6	0.2	0.1	6.7	0.5	1.1	0.9	0.2	0.1	11.3	0.1
Chimie	0.8	2.6	84.0	3.0	0.9	0	0.2	0.4	1.8	2.2	3.1	1.2	0.0	1.0	0.0
Droit	0	0.1	0.1	70.5	0.3	0.2	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.7	0.1	2.0
Informatique	1.3	0.7	0.4	2.1	68.6	0.7	6.6	1.1	0.4	1.0	5.8	0.1	5.0	1.7	1.4
Lettres	1.8	0.2	0	2.7	0.9	89.3	0.9	0.5	0.2	1.2	0.5	0.8	1.8	0.1	4.8
Mathématiques	0.5	0.2	0	0	7.1	0.5	77.4	0.6	0.8	0.3	1.9	0.1	1.1	0.2	0.1
Médecine clinique	0.7	10.4	0.3	2.7	2.1	0.9	1.3	61.8	0.4	0.9	1.2	0.1	3.7	25.9	6.2
Physique	0	0.9	5.6	0	1.7	0.9	5.2	0.5	88.5	6.3	16.2	0.6	0.3	1.1	0.2
Sciences de l'environnement	9.2	1.2	2.1	1.6	0.7	1.0	0.6	0.3	1.3	57.6	3.8	12.2	5.2	0.3	1.5
Sciences de l'ingénieur	3.1	1.4	3.6	2.0	11.2	0.4	5.7	1.3	5.0	5.0	61.2	0.9	3.4	2.3	1.3
Sciences de la terre	3.5	0.3	1.0	0.1	0.3	1.6	0.3	0.1	0.4	18.7	1.1	82.9	0.1	0.1	0.1
Sciences économiques	0.2	0	0	0.5	0.9	0.2	0.4	0.3	0	0.7	0.2	0	62.3	0.1	3.8
Sciences naturelles médicales	2.5	17.7	0.8	0.9	3.6	0.1	0.9	23.4	0.8	0.8	3.0	0	1.2	54.5	2.5
Sciences sociales	0.7	0.1	0	13.9	0.7	3.2	0.2	2.8	0	1.0	0.3	0	14.7	0.9	75.8
Total N source	4728	15011	22073	1219	12527	13068	7042	21118	64849	19372	20444	24538	2676	22396	8560

Note sur l'interprétation du tableau : les 100% sont en colonnes. Le nombre de liens est créé par le nombre d'individus qui collaborent dans les projets. Il faut donc lire le tableau de la manière suivante : sur le nombre total de liens créés par les membres de projets en biologie I (N=4'228), 67.3% sont des liens avec d'autres projets en biologie I, 8.2% avec des projets en biologie II, etc. En **gras**, la proportion des liens au sein d'une même discipline. En *italique*, les deux disciplines avec lesquelles une discipline entretient le plus de liens.

La diagonale indique, sur le total des liens pour chaque discipline, la proportion de liens qu'elle entretient avec elle-même. Au sein des sciences exactes et naturelles, certaines disciplines apparaissent plus interdisciplinaires que d'autres. Les moins interdisciplinaires sont la physique pour laquelle 88.5% des liens créés sont reliés à des projets dans la discipline, comme c'est le cas pour 84% des liens en chimie et 82.9% des liens en sciences de la terre. Les sciences de l'environnement apparaissent comme les plus interdisciplinaires puisque seulement 57.6% des liens concernent des projets de la discipline. C'est aussi le cas pour les sciences de l'ingénieur (61.2%) et l'informatique (68.6%). On trouve des résultats similaires pour toutes les disciplines de la Division III : 67.3% pour la biologie I, 61% pour la biologie I, 61.8% pour la médecine clinique et 54.5% pour les sciences naturelles médicales.

Du point de vue des disciplines majoritaires dans les collaborations, on note que ces dernières semblent, à quelques exceptions près, se restreindre aux frontières des Divisions¹⁷⁵. Pour la chimie, les

¹⁷⁵ Pour rappel, les *Divisions* du FNS sont des unités administratives constituées sur la base de regroupements disciplinaires. La Division I regroupe les sciences sociales et les humanités, la Division II les sciences exactes et naturelles et la Division III la biologie et la médecine.

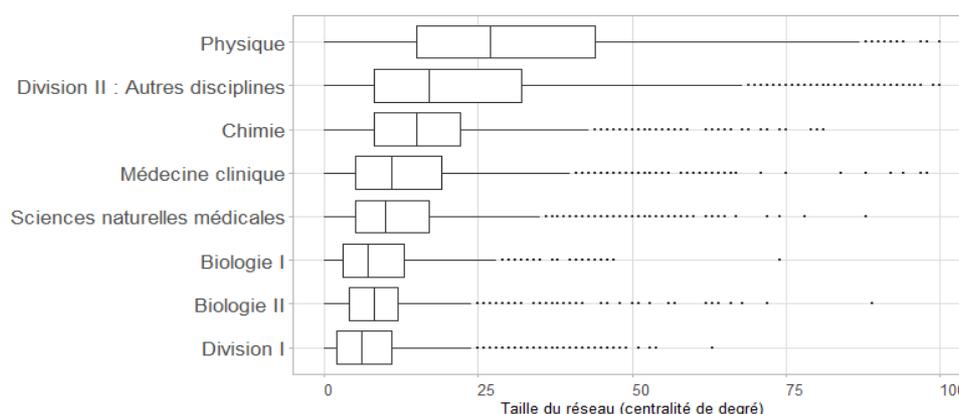
deux disciplines avec lesquelles elle entretient le plus de liens sont la physique (5.6% des liens) et les sciences de l'ingénieur (3.6%) qui sont toutes deux reliées à la Division II. Pour la physique, il s'agit des sciences de l'ingénieur (5%) et de la chimie (1.8%). Les sciences de l'ingénieur collaborent en priorité avec la physique (16.2%) et l'informatique (5.8%) qui, elle, collabore d'abord avec les sciences de l'ingénieur (11.2%) et les mathématiques (7.1%). Ces scores sont relativement bas comparé aux disciplines de la Division III qui collaborent plus régulièrement entre elles : 23.4% des liens créés par la médecine clinique le sont avec les sciences naturelles médicales, lesquelles créent 25.9% de liens avec elle et 11.3% avec la biologie II (contre 6.7% de liens entre la médecine clinique et la biologie II). Cette dernière collabore en priorité avec les sciences naturelles médicales (17.7%) et avec la médecine clinique (10.4%), alors que la biologie I est d'abord connectée aux sciences de l'environnement (9.2%) qui sont affiliées à la Division II ainsi qu'à la biologie II (8.2%)¹⁷⁶.

La question qui se pose est de savoir si les disciplines qui sont les plus interdisciplinaires sont aussi celles qui possèdent un degré de centralité élevé. Pour explorer cette relation, il est nécessaire d'analyser la place et l'importance des disciplines dans le réseau en mobilisant les indicateurs de centralité de degré, d'intermédiarité et de vecteur propre. Il sera ensuite possible de comparer le capital social relatif de chaque discipline en fonction de la taille des réseaux disciplinaires, des positions de « point de passage » et de l'autorité dans le réseau. Nous présentons d'abord les trois indicateurs séparément, puis la manière dont ils sont corrélés (voir annexe 2.6.1 pour les scores détaillés).

Centralité de degré (taille du réseau local)

Le premier indicateur est celui de la centralité de degré qui mesure la taille du réseau composé par les contacts directs d'un nœud, c'est-à-dire le nombre de projets directement connectés à un projet par l'intermédiaire des mêmes co-requérants. La moyenne de cet indicateur par discipline donne la taille moyenne du réseau de la discipline (figure 5.8). On peut faire l'hypothèse que plus le degré est élevé en moyenne, plus le capital social est important. Pour la lisibilité des figures suivantes, nous avons effectué des regroupements pour les disciplines de la Division I et de la Division II qui sont autres que la chimie et la physique.

Figure 5.8 Distribution de la centralité de degré par discipline



Note : Le graphique indique les valeurs entre 0 et 100 pour des questions de visibilité. 104 valeurs extrêmes ne sont pas représentées sur le graphique, soit 0.33% des nœuds.

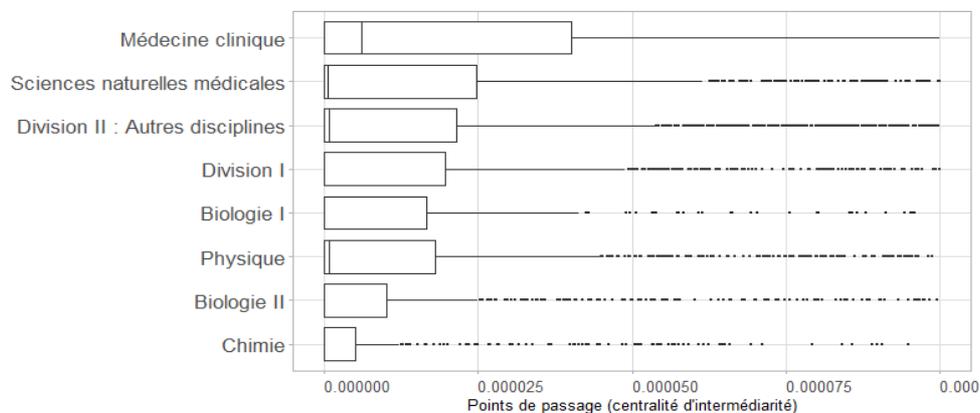
¹⁷⁶ On trouve d'autres cas de collaborations entre les divisions, par exemple entre le droit et la chimie (3%), les sciences économiques et les sciences de l'environnement (5.2%) et l'informatique (5%), ou les sciences sociales et la médecine clinique (6.2%).

La discipline qui possède le réseau le plus étendu est la physique, avec une moyenne de 34.5 projets connectés à chaque projet. Ensuite, viennent les autres disciplines de la Division II avec une moyenne de 22 projets connectés à chaque projet. La chimie est la troisième discipline en termes de taille de réseau local avec un degré moyen de 16. Les deux biologies font partie des disciplines possédant le degré le plus faible, avec une moyenne de 9.6 projets pour la biologie I et de 9.3 projets pour la biologie II. La taille des réseaux disciplinaires montre ainsi une hiérarchie de l'importance des disciplines dans le réseau des collaborations, au sein duquel la Division II possède largement le plus de connections, devant la Division III et la Division I. La centralité de degré ne mesure cependant que la taille du réseau proche et ignore deux autres aspects importants mesurés par la centralité d'intermédiation et la centralité de vecteur propre, la propension des disciplines à être des points de passage du réseau et leur autorité, c'est-à-dire la propension des projets à être très connectés à des projets très connectés.

Centralité d'intermédiation (points de passage)

La distribution de la centralité d'intermédiation montre que les disciplines qui sont des ponts ne sont pas les mêmes que celles qui possèdent un réseau local de grande taille. La discipline possédant le plus fort score d'intermédiation est la médecine clinique, ce qui signifie que les projets dans cette discipline sont ceux qui créent en moyenne le plus de ponts dans le réseau. Ensuite, viennent les projets de la Division II à l'exception de la physique et de la chimie, les sciences naturelles médicales et les projets de physique. Les projets de la Division I précèdent les projets en biologie et en chimie qui sont les moins susceptibles d'occuper des positions de point de passage dans le réseau.

Figure 5.9 Distribution de la centralité d'intermédiation par discipline



Note : Les scores de centralité d'intermédiation sont bornés entre 0 et 1. Le graphique indique les valeurs entre 0 et 0.0001 pour des questions de visibilité. 5'672 valeurs extrêmes ne sont pas représentées, soit 21.2% des nœuds.

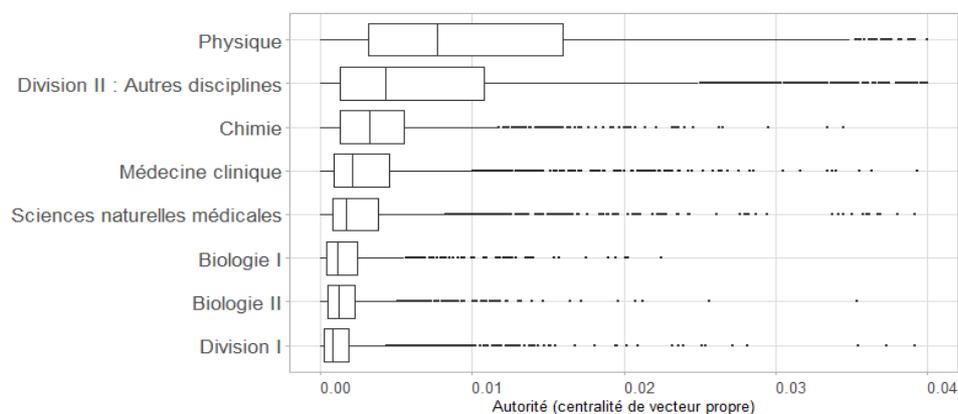
La distribution de la centralité d'intermédiation montre la capacité importante du domaine de la médecine à effectuer des ponts dans le réseau, que ce soit la médecine clinique ou les sciences naturelles médicales alors qu'elles n'ont qu'un volume de relations moyen comparé aux disciplines des sciences exactes et naturelles (Division II). Cette configuration est un bon exemple pour illustrer le fait que la capacité à faire des ponts dans un réseau n'est pas directement dépendante de la taille du réseau local. On peut faire l'hypothèse que dans le cas de la médecine, cette forte intermédiation pourrait être due aux chemins qu'elle crée dans ses relations avec les autres disciplines de la Division III, mais aussi avec les sciences sociales, contrairement par exemple à la physique qui entretient peu de liens avec ces dernières. Les sciences exactes et naturelles de la Division II autres que la chimie et la physique sont les deuxièmes plus importantes en termes d'intermédiation. Dans l'ordre décroissant, on trouve les sciences de l'environnement, puis l'informatique, les sciences de l'ingénieur et les

sciences de la terre. La chimie et la biologie se retrouvent être les domaines dont l'intermédiarité est la plus faible. Le réseau local relativement important de la chimie ne lui confère pas de pouvoir spécifique en qualité de points de passage. Quant à elle, la biologie cumule une faible centralité de degré et une faible centralité d'intermédiarité.

Centralité de vecteur propre (autorité)

Un dernier indicateur est celui de centralité de vecteur propre qui mesure la connectivité à des projets eux-mêmes très connectés. Cette mesure renseigne sur l'importance de l'autorité dans le réseau et vient renforcer notre mesure du degré de centralité des disciplines. La figure 5.10 montre la distribution de la centralité de vecteur propre selon les disciplines.

Figure 5.10 Distribution de la centralité de vecteur propre par discipline



Note : Les scores de la centralité de vecteur propre sont bornés entre 0 et 1. Le graphique indique les valeurs entre 0 et 0.1 pour des questions de visibilité. 1'238 valeurs extrêmes ne sont pas représentées, soit 4% des nœuds.

Le volume et la distribution des vecteurs propres reflètent la même hiérarchie entre les disciplines que la centralité de degré. Cela signifie que les projets qui sont fortement connectés au niveau local le sont avec des projets qui sont eux-mêmes fortement connectés à d'autres projets. Cet indicateur confirme le constat issu de notre visualisation exploratoire, à savoir que certaines disciplines forment des noyaux de collaboration denses et homogènes, comme la physique et les autres disciplines de la Division II, tandis que d'autres sont plus éclatées et ne forment pas de tels réseaux disciplinaires, comme c'est le cas pour la biologie et les disciplines de la Division I. On peut noter que la chimie fait également partie des disciplines qui cumulent une forte centralité de degré et une forte centralité de vecteur propre, bien qu'elle ne paraissait pas former de grands groupes de projets fortement interconnectés. Ainsi, bien qu'elle ne possède qu'une faible intermédiarité, nous pouvons faire l'hypothèse que la chimie possède une autorité importante via ses connexions avec la physique et les autres disciplines de la Division II.

En dernier lieu, nous montrons les corrélations entre les trois indicateurs ainsi que la taille des projets en termes de nombre de co-requérants et les montants des financements.

Tableau 5.2 Coefficients de corrélation entre les mesures de centralité (Pearson)

	Taille des projets	Centralité de degré	Centralité d'intermédiarité	Centralité de vecteur propre	Montant des financements
Taille des projets	1	-	-	-	-
Centralité de degré	0.51	1	-	-	-
Centralité d'intermédiarité	0.46	0.36	1	-	-
Centralité de vecteur propre	0.31	0.69	0.08	1	1
Montant des financements	0.26	0.17	0.2	0.15	1

Note : un coefficient de corrélation de plus de 0.5 est considéré comme **fort**, un coefficient entre 0.3 et 0.5 est considéré comme *moyen*, et un coefficient entre 0.1 et 0.3 est considéré comme faible. L'ANOVA pour les moyennes en fonction des disciplines est significative pour tous les indicateurs.

Le calcul des corrélations entre les différentes mesures confirme une forte corrélation entre la taille du réseau local (centralité de degré) et l'autorité (centralité de vecteur propre) avec un coefficient positif de 0.69. On note aussi que la taille du réseau local est fortement corrélée au nombre de co-requérants par projet (degré du réseau bimodal) avec un coefficient de 0.51, mais n'est que faiblement corrélée au montant des financements (0.17). Enfin, on constate une corrélation moyenne entre l'intermédiarité et les autres mesures, de 0.36 avec la taille du réseau local et de 0.31 avec le degré d'autorité. On peut ainsi considérer que, dans le cas du réseau des collaborations du FNS, la taille et la connectivité des réseaux disciplinaires sont relativement indépendantes de la capacité des disciplines à concentrer les points de passage dans le réseau. Les deux mesures consistent en deux formes distinctes de capital social que nous allons tenter de distinguer par la suite dans l'analyse des réseaux des professeurs.

Ces trois indicateurs montrent qu'il existe une hiérarchie disciplinaire du capital social conféré par les positions occupées dans le réseau qui ne reflète que partiellement le prestige des disciplines (**Q1**). Par exemple, la biologie II possède un réseau de taille réduite et n'occupe pas de position de « pont » dans le réseau (**Q2**). Sur l'ensemble des collaborations, la chimie possède par contre une importante centralité de degré ainsi qu'une importante autorité, mais une relativement faible intermédiarité comparé aux autres disciplines. Le réseau des collaborations FNS semble, à première vue, ne pas corroborer la thèse de la place de la chimie au centre des autres sciences naturelles (**Q2**). Une comparaison des moyennes des scores de degré dans le temps indique cependant que son degré d'intermédiarité moyen augmente pour devenir, derrière la médecine qui reste la discipline la plus intermédiaire, la deuxième discipline obtenant le meilleur score d'intermédiarité pour la période la plus récente (2006-2015)¹⁷⁷. On peut faire le même constat pour la biologie II dont le degré d'intermédiarité atteint le même score que la chimie pour cette même période. La biologie I, par contre, reste en retrait concernant cet indicateur.

L'analyse du réseau général des collaborations a montré une certaine hiérarchie des disciplines selon le capital social mesuré par trois indicateurs de centralité de degré, d'intermédiarité et d'autorité. Les résultats ont montré des différences entre la chimie et les deux biologies, la première étant relativement importante en termes de taille du réseau proche et d'autorité, alors que les secondes demeurent relativement peu centrales dans le réseau. Malgré cela, les projets de biologie sont plus souvent reliés à des projets d'autres disciplines que les projets en chimie, ce qui semble confirmer le fait que cette dernière n'occupe pas une position « au centre » du triangle biologie, physique, chimie. La biologie II n'apparaît pas comme davantage interdisciplinaire que la biologie I, même si elle collabore avec des disciplines différentes (**Q2**). Afin d'approfondir les relations qu'entretiennent ces disciplines, la prochaine partie est consacrée à la comparaison de la structure des réseaux de

¹⁷⁷ Pour des détails sur l'analyse diachronique des indicateurs de centralité, voir l'annexe 6.2.

professeurs de 1980 et de 2000 en matière de hiérarchie du capital social et de l'importance relative des collaborations entre les disciplines.

3.2 Le réseau des professeurs de 1980

Les années 1980 sont souvent évoquées dans la littérature comme une période encore caractérisée par la prédominance des logiques académiques classiques de la production scientifique décrites par Bourdieu (1984a, 2001) et Abbott (2001a), en même temps qu'elles marquent le mouvement d'expansion des collaborations scientifiques (Gingras 2002). Pour certains, les débuts d'une certaine hybridation des disciplines et notamment de la biologie et de la chimie (Bensaude-Vincent & Stengers 1993, Stettler 2002, Morange 2016) sont le signe d'un affaiblissement des frontières disciplinaires (Gibbons et al. 1994). Les professeurs des années 1980 préfigurent ainsi la période suivante, incarnée par la figure du *chercheur entrepreneur* (Gaudillière 2015, Owen-Smith & Powell 2004) et caractérisée par la montée en puissance de nouveaux domaines de recherche interdisciplinaires comme les sciences de la vie (Aggeri et al. 2007, Gugerli et al. 2010) et l'intégration de lieux et de moyens de la recherche de plus en plus diversifiés (Benninghoff & Leresche 2003).

L'objectif de cette partie est de présenter la structure des réseaux formés par les liens de collaboration entre les professeurs de 1980 que nous pourrons comparer, dans la partie suivante, à celle du réseau des professeurs de 2000¹⁷⁸. Nous pourrons ainsi voir dans quelle mesure les transformations de la fin du xx^e siècle se reflètent dans la forme et la fréquence des collaborations interdisciplinaires ainsi que dans la structure du capital social. Cette fois-ci, une projection a été réalisée sur les individus, c'est-à-dire que les nœuds sont les requérants des projets et que les liens sont formés par les projets pour lesquels il y a une ou plusieurs co-appartenances. Les membres peuvent être des professeurs, mais aussi d'autres requérants principaux et secondaires ou des collaborateurs. Comme pour le réseau total des projets FNS, il est possible de mesurer le capital social des professeurs à l'aide des trois indicateurs de centralité de degré, d'intermédiarité et de vecteur propre. Il est également possible d'analyser les liens entre les disciplines des projets et les disciplines des professeurs pour mieux comprendre la structure disciplinaire du réseau. Nous présentons d'abord la structure du réseau en termes de disciplines des projets et des professeurs, puis les mesures du degré d'interdisciplinarité des professeurs, du capital social et, finalement, les liens entre les deux.

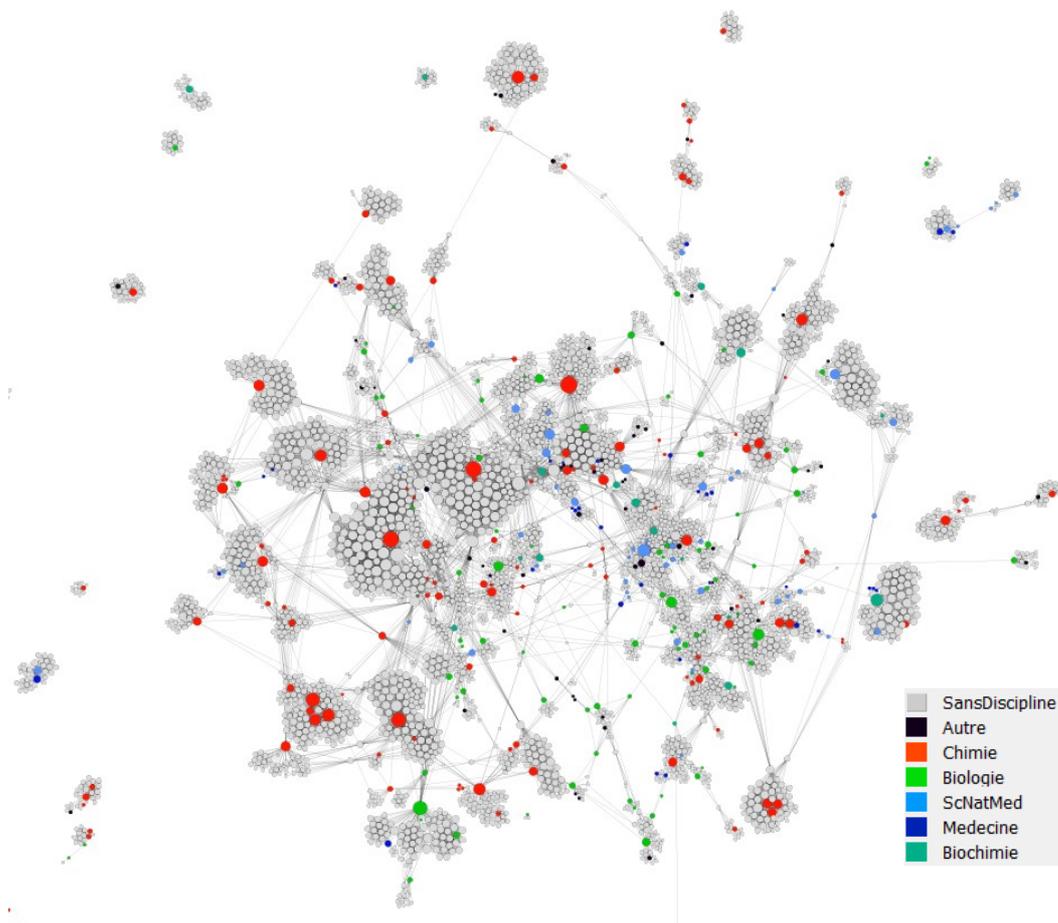
3.2.1 La structure du réseau des professeurs de 1980

Le réseau *two-mode* des professeurs de 1980 comporte 7'326 nœuds (dont 4'968 individus et 2'358 projets) et 10'486 liens. La projection forme un réseau de 30'911 arêtes entre 4'969 individus. Le réseau compte, parmi les nœuds, 464 élites académiques en tout dont 251 professeurs de biologie et de chimie de 1980, 44 professeurs de cette cohorte n'étant pas référencés dans la base « P3 ». La figure ci-dessous montre la représentation graphique de la principale composante connexe de ce réseau qui comprend 76.7% des nœuds et 85.8% des liens. La taille des nœuds est proportionnelle au

¹⁷⁸ Il est nécessaire d'effectuer ici une remarque méthodologique. La comparaison entre les professeurs de 1980 et 2000 se base sur l'ensemble des projets auxquels les professeurs ont participé sur l'ensemble de leur carrière, et pas sur une comparaison des réseaux de collaborations dans les années 1980 et dans les années 2000. Cet enjeu est important car une telle stratégie implique que le nombre total de projets et donc de liens de collaborations est fortement dépendant de la durée de la carrière des professeurs. Il aurait été possible de sélectionner une certaine période, par exemple en ne considérant que les projets entre 1975 et 1995 pour les professeurs de 1980 et les projets de 1990 à 2010 pour les professeurs de 2000 afin de comparer des périodes temporelles similaires. Ce choix aurait cependant présenté une autre forme de problème en empêchant de considérer l'ensemble des relations développées par les professeurs comme une mesure de volume de capital social et de pouvoir ensuite la combiner avec les autres mesures de capitaux effectuées précédemment.

degré et les couleurs représentent les disciplines des professeurs référencés dans la base de données des élites suisses. Comme pour le réseau total, la densité est faible avec un score de 0.003.

Figure 5.11 Réseau des professeurs de 1980 (principale composante connexe)



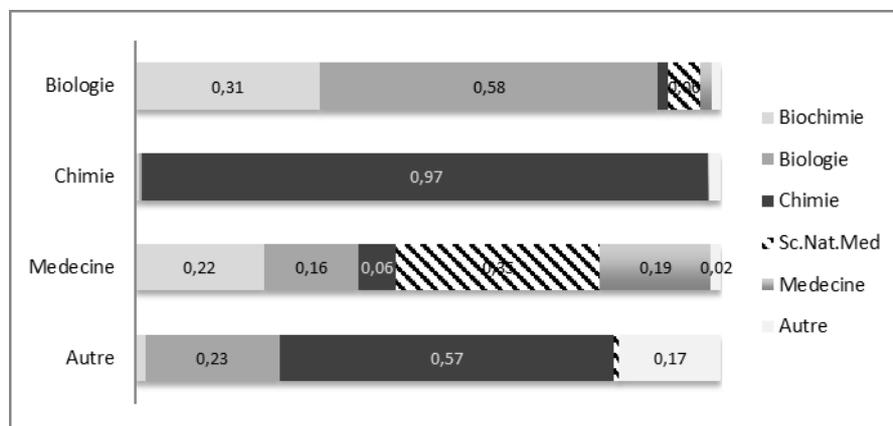
La représentation graphique du réseau des professeurs de 1980 permet de montrer le nombre important d'individus non-élites qui sont connectés aux professeurs, pour la très grande majorité occupant les fonctions de collaborateur dans les projets. Les élites académiques représentent 9.08% des nœuds. Tous les autres individus en gris sont des collaborateurs ou des requérants qui ne sont pas des élites académiques et pour lesquels nous n'avons pas d'information sur la discipline.

Le réseau des professeurs de biologie et de chimie en 1980 est donc composé de 2'358 projets pour 251 professeurs. En comparant les disciplines des projets et celles des requérants élites (N=464) qui en font partie, c'est-à-dire l'*edgelist* du réseau, nous pouvons donner un premier aperçu de la répartition des disciplines. Sur les 464 élites académiques du réseau, on compte 26.1% de professeurs de biologie (N=121), 30.4% de professeurs de chimie (N=141), 9.9% de professeurs de biochimie (N=46), 10.8% de professeurs de sciences naturelles médicales (N=50), 11.4% de professeurs de médecine (N=53), 11.4% de professeurs d'autres disciplines (N=53). Les plus importantes sont représentées par 4.3% de professeurs de sciences de la terre (N=20), 2.8% de professeurs de physique (N=13) et 1.5% de professeurs de sciences techniques (N=7).

Avant de se concentrer spécifiquement sur les professeurs de biologie et de chimie, il est intéressant de donner un aperçu général de la répartition des requérants élites (N=464) dans les projets en fonction de la discipline de ces derniers. Pour comparer la discipline des élites académiques et celle des projets, nous les avons croisées sur la base de l'*edgelist* du réseau. Les professeurs de 1980 et les

autres élites académiques sont à la base de la formation de 3'035 liens, c'est-à-dire qu'au sein des 2'359 projets que compte le réseau, 3'035 postes sont occupés par elles, ce qui correspond à 29% de l'ensemble des 10'486 postes disponibles. La figure 5.12 présente le pourcentage des requérants élites au sein des projets en fonction de leur discipline (en %).

Figure 5.12 Répartition des requérants élites de 1980 dans les projets selon la discipline (en %)



Effectifs des postes occupés par des élites académiques (N=3'035) : projets en biologie (N=1'052), projets en chimie (N=1'293), projets en médecine (N=471) et projets autres (N=219). Les professeurs de chimie occupent 46.8% des postes, les professeurs de biologie 24.4%, les professeurs de biochimie 14.8%, les professeurs de sciences naturelles médicales 7.4%, les professeurs de médecine 3.7% et les autres professeurs 2.9%.

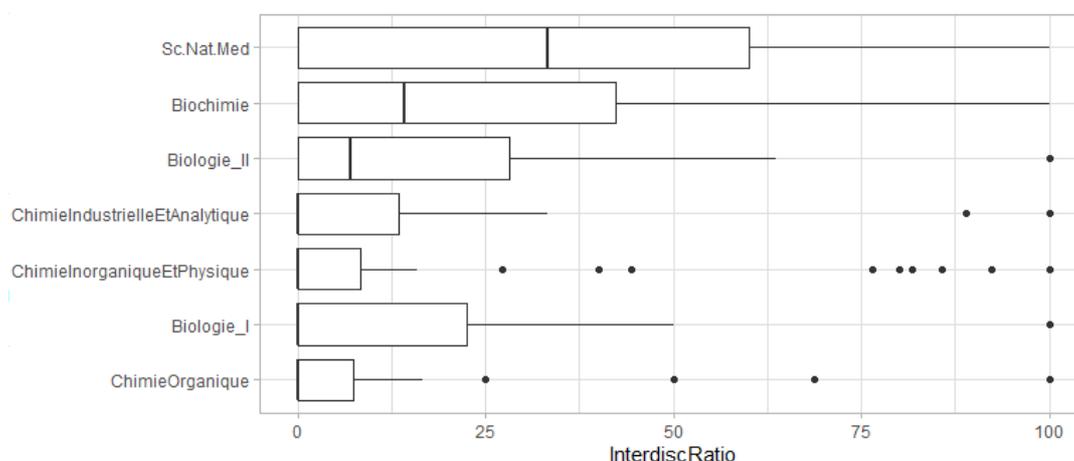
Le premier constat est que les projets de biologie et de chimie réunissent une proportion très faible d'élites d'autres disciplines. En effet, 97% des co-requérants dans les projets en chimie sont des chimistes et 91% de co-requérants dans les projets en biologie sont soit des professeurs de biologie soit des professeurs de biochimie. On note tout de même une différence entre les deux disciplines puisque 9% des postes dans les projets en biologie sont ainsi occupés par des élites d'une autre discipline que la biologie, pour seulement 3% de professeurs qui ne sont pas chimistes dans les projets en chimie. Un deuxième constat concerne la répartition des élites académiques dans les projets en médecine et dans les autres disciplines. Dans les projets en médecine comprenant au moins un professeur de 1980, on compte très peu de chimistes (6%) comparé aux professeurs de biologie et biochimie (38%) et aux professeurs de sciences naturelles médicales (35%). Par contre, la part des professeurs de chimie est bien plus élevée dans les projets des autres disciplines (57%) contre 23% de professeurs de biologie. Cette dernière observation reflète tout à fait le caractère interdisciplinaire de la médecine comparé aux disciplines de la Division II observé dans le réseau total.

3.2.2 Le degré d'interdisciplinarité des professeurs de 1980

Cette partie et la suivante seront consacrées spécifiquement aux professeurs de biologie et de chimie. D'abord, nous présentons le degré d'interdisciplinarité et le capital social des professeurs de 1980, puis pour les professeurs de 2000¹⁷⁹. Sur la base de la discipline des projets et de la discipline des professeurs, nous avons établi un ratio mesurant la fréquence des collaborations des professeurs dans des projets d'une discipline différente de la leur et attribué un *score* d'interdisciplinarité à chaque professeur, allant de 0% de collaborations interdisciplinaires à 100% de collaborations interdisciplinaires. La figure 5.13 présente la distribution de ce score de degré d'interdisciplinarité en fonction de la sous-discipline des professeurs.

¹⁷⁹ Cette démarche de présentation systématique des résultats implique une logique un peu scolaire, mais néanmoins nécessaire pour mener une comparaison reposant sur des indicateurs explicitement opérationnalisés.

Figure 5.13 Degré d'interdisciplinarité selon les sous-disciplines (par ordre des moyennes)



Note : L'ANOVA est significative avec un coefficient de $2.7e^{-11}$, ce qui indique que les moyennes sont statistiquement différentes pour toutes les disciplines. Le degré d'interdisciplinarité moyen est de 20.3 et la médiane est de zéro.

Ce sont les sciences naturelles médicales qui présentent le degré d'interdisciplinarité le plus élevé, avec une moyenne de 38.4% de projets menés dans une autre discipline. La biochimie (29.3%) et la biologie II (21.5%) sont aussi relativement interdisciplinaires, alors que les professeurs des quatre autres disciplines apparaissent comme collaborant très fréquemment dans des projets de leur propre discipline. Les moyennes oscillent entre 16.6% pour la chimie industrielle et analytique et 11.3% pour la chimie organique, la moins interdisciplinaire de toutes. La médiane pour ces quatre disciplines est de zéro, les moyennes étant surévaluées par la présence de quelques *outliers* très interdisciplinaires.

On constate donc une distribution du degré d'interdisciplinarité dans les disciplines. Pour trois d'entre elles, les professeurs collaborent à une fréquence modérée dans des projets d'autres disciplines, alors que pour les quatre autres, ce type de pratique est quasi inexistante. D'un point de vue des échelles, c'est clairement les échelles moléculaire et micro de la biologie qui concentrent les degrés d'interdisciplinarité les plus élevés, l'échelle macro et toute la chimie restant d'abord ancrées dans leurs propres disciplines. Pour l'année 1980, on constate que les professeurs de biologie II sont effectivement plus interdisciplinaires que les professeurs de biologie I et que les professeurs de chimie (Q2).

La question qui se pose est de savoir si la fréquence de ce type d'interdisciplinarité est liée au capital social des professeurs, c'est-à-dire à la taille de leur réseau local, leur capacité à effectuer des ponts dans le réseau et leur autorité. Pour cela, nous mesurons d'abord le capital social, puis nous l'introduisons comme variable explicative du degré d'interdisciplinarité au sein d'une régression ordinale.

3.2.3 Le capital social des professeurs de 1980

Nous cherchons donc maintenant à évaluer le volume de capital social des professeurs selon ces trois indicateurs pour comprendre dans quelle mesure la fréquence des collaborations disciplinaires est associée à une configuration de capital social particulière. En premier lieu, nous décrivons la distribution des trois indicateurs du capital social pour les professeurs, puis tentons de mesurer l'importance relative du capital social pour les pratiques interdisciplinaires.

Distribution du capital social et disciplines des professeurs

Comme nous l'avons fait précédemment pour le réseau total, nous pouvons calculer les scores de centralité en fonction des disciplines des professeurs au travers des trois indicateurs de centralité de degré, d'intermédiarité et de vecteur propre. Les résultats des indicateurs de centralité et les figures illustratives sont réunis dans l'annexe 6.3.1.

La distribution des trois indicateurs montre à nouveau une distinction entre les sous-disciplines de la chimie mieux dotées en capital social et les sous-disciplines de la biologie, globalement moins dotées (**Q1**). La hiérarchie des sous-disciplines est très semblable pour la centralité de degré et la centralité de vecteur propre. Les professeurs de chimie organique, de chimie physique et de biochimie possèdent les réseaux les plus grands et sont ceux qui sont les plus connectés aux professeurs les plus connectés. Ensuite, les professeurs de chimie industrielle et de biologie II possèdent des réseaux de taille plus modérée et sont moins connectés aux professeurs les mieux connectés. Enfin, les professeurs de sciences naturelles médicales et de biologie I sont ceux qui possèdent les réseaux les plus petits et les moins connectés. Cette hiérarchie du capital social se retrouve dans la distribution du degré d'intermédiarité, exception faite des professeurs de biochimie qui sont ceux qui occupent en moyenne le plus de positions de points de passage, devant les professeurs de chimie organique et inorganique, des professeurs de biologie II, de chimie industrielle, de biologie I et, enfin, des professeurs de sciences naturelles médicales qui n'occupent que rarement de telles positions.

Ces résultats ne montrent pas de lien direct entre le degré d'intermédiarité et la fréquence des collaborations interdisciplinaires du point de vue des sous-disciplines. En effet, les sciences naturelles médicales sont les plus interdisciplinaires mais aussi celles qui possèdent le degré d'intermédiarité le plus faible. A l'inverse, la biochimie, qui possède la plus forte centralité d'intermédiarité, n'est que faiblement interdisciplinaire. Dans le cas des professeurs de chimie organique et inorganique, un fort degré d'intermédiarité ne signifie pas qu'ils favorisent les pratiques interdisciplinaires, puisque ces deux disciplines sont clairement caractérisées par une absence d'interdisciplinarité.

Le tableau 5.3 résume la manière dont les trois indicateurs de capital social, le nombre de projets et les montants accordés sont statistiquement corrélés pour les professeurs de 1980.

Tableau 5.3 Coefficients de corrélation entre les indicateurs de capital social et de capital scientifique

	Nombre total de projets	Centralité de degré	Centralité d'intermédiarité	Centralité de vecteur propre	Montant total octroyé
Nombre total de projets	1	-	-	-	-
Centralité de degré	0.83	1	-	-	-
Centralité d'intermédiarité	0.56	0.55	1	-	-
Centralité de vecteur propre	0.42	0.7	0.21	1	-
Montant total octroyé	0.8	0.85	0.51	0.51	1

La centralité de vecteur propre est très fortement corrélée à la centralité de degré (0.83), ce qui implique que les professeurs ayant le plus de projets, donc le réseau local le plus étendu, sont aussi ceux qui sont le mieux connectés aux professeurs les mieux connectés et qui bénéficient donc de l'autorité la plus importante. Par contre, la centralité d'intermédiarité est plus faiblement corrélée avec la centralité de vecteur propre (0.21) qu'avec la centralité de degré (0.55). Les professeurs qui occupent des positions de pont dans le réseau sont aussi ceux qui possèdent les réseaux les plus étendus, mais pas forcément ceux qui bénéficient de la plus grande autorité. Enfin, il existe une association importante entre le nombre de projets et le montant des financements (0.8) impliquant de façon relativement logique que plus les professeurs ont de projets, plus leurs financements totaux sont élevés.

Degré d'interdisciplinarité et capital social des professeurs

Pour tenter de comprendre l'effet explicatif du capital social sur le degré d'interdisciplinarité (Q3), nous avons mené une régression ordinale sur le ratio mesurant la fréquence des collaborations. Les variables explicatives du premier modèle sont les indicateurs de centralité d'intermédiarité et de vecteur propre qui ont été recodées comme des variables ordinales à dix quantiles, chacun comprenant 10% des professeurs. Le degré de centralité n'est pas intégré comme variable pour des raisons liées à sa forte corrélation avec les deux autres indicateurs de centralité. Dans le deuxième modèle, les effets du capital social sont contrôlés par le capital scientifique des professeurs mesuré par le nombre de projets obtenus, l'âge du premier projet collectif et le type de fonction occupée dans les projets. Au vu de la distribution inégale du capital social dans les sous-disciplines, nous avons également introduit cette variable comme contrôle dans un troisième modèle. Les régressions de Poisson ont été menées sur le degré d'interdisciplinarité transformé en échelle, la distribution très étendue vers les valeurs extrêmes de la variable ayant tendance à rendre les coefficients très peu significatifs. Cette échelle prend les valeurs de 0% d'interdisciplinarité, 1 à 10%, 11 à 20%, 21 à 30%, etc. jusqu'au maximum de 100%. L'augmentation d'une unité de la variable dépendante correspond ainsi à une augmentation du degré d'interdisciplinarité de 10%. Le tableau 5.4 montre les résultats de la régression.

Tableau 5.4 Régression ordinale sur le degré d'interdisciplinarité des professeurs de 1980

	Modèle 1				Modèle 2				Modèle 3			
	Estimate	Std. Error	Sig.	exp(beta)	Estimate	Std. Error	Sig.	exp(beta)	Estimate	Std. Error	Sig.	exp(beta)
(Intercept)	1.01	-0.08	***		0.44	-0.4			0.08	-0.43		
Centralité d'intermédiarité (ordinaire)	-0.01	-0.02		0.99	-0.05	-0.02	*	0.95	-0.06	-0.02	*	0.94
Centralité de vecteur propre (ordinaire)	-0.03	-0.02		0.97	-0.03	-0.03		0.97	-0.03	-0.03		0.97
Nombre total de projets FNS					0.01	-0.01		1.01	0.02	-0.01		1.02
Age du premier projet collectif					0	-0.01		1.00	0.01	-0.01		1.01
Fonction : plutôt principale					0.38	-0.15	*	1.46	0.32	-0.15	*	1.38
Fonction : secondaire					1.03	-0.14	***	2.80	0.93	-0.15	***	2.53
Biochimie									0.69	-0.15	***	1.99
Biologie I									-0.11	-0.2		0.90
Biologie II									0.45	-0.16	**	1.57
Chimie organique									0.01	-0.22		1.01
Chimie industrielle et analytique									0.27	-0.22		1.31
Sciences naturelles médicales									0.61	-0.18	***	1.84
AIC	1443.35				1220.33				1186.06			
BIC	1453.9				1244.15				1230.29			
Log Likelihood	-718.67				-603.16				-580.03			
Deviance	1062.71				842.99				796.72			
Num. Obs.	249				222				222			

*** p < 0.001, ** p < 0.01, * p < 0.05.

La comparaison des AIC (Akaike information criterion) montre que le troisième modèle est celui dont la qualité est la meilleure. Nous interprétons la significativité des coefficients et leur valeur exponentielle comme l'effet sur l'échelle du degré d'interdisciplinarité lorsque la variable explicative augmente d'une unité.

La régression montre que trois types de variables ont un impact sur le degré d'interdisciplinarité. D'abord, la centralité d'intermédiarité apparaît comme significative, bien qu'avec un effet très faible et même négatif. Lorsqu'elle augmente de 1, le degré d'interdisciplinarité augmente de 0.94, c'est-à-dire que la force de la relation entre les deux est quasi nulle. Ce qui tend plutôt à renforcer la fréquence des collaborations interdisciplinaires, c'est d'abord le fait d'être plutôt requérant principal qu'uniquement principal, et encore davantage lorsque le professeur est majoritairement requérant

secondaire. Dans ce cas, le degré d'interdisciplinarité fait plus que doubler (coefficient exponentialisé de 2.53). C'est l'effet le plus fort que l'on peut constater pour les professeurs de 1980, avec une probabilité prédite de 68%. Outre la fonction occupée, l'appartenance disciplinaire joue également un rôle. En comparaison des professeurs de chimie inorganique et physique qui restent les moins interdisciplinaires de tous, et ce pour les deux cohortes, les professeurs de biochimie ont presque deux fois plus de chances (ou de risques) d'être co-requérants de projets hors de leur discipline de manière 10% plus fréquente. Les sciences naturelles médicales ont également un effet qui augmente les chances d'être interdisciplinaire, toutes choses égales par ailleurs, avec une probabilité prédite de 67% d'être davantage interdisciplinaire. Enfin, l'effet de la biologie II sur le degré d'interdisciplinarité est également positif et significatif avec un coefficient exponentialisé de 1.57 et une probabilité prédite de 63%. Les effets des autres disciplines ne sont pas significatifs.

Ces résultats permettent de discuter deux aspects de l'interdisciplinarité. Premièrement, le cas des professeurs de 1980 ne montre pas de lien entre le capital social et la fréquence des collaborations interdisciplinaires, c'est-à-dire que ni la taille du réseau, ni la capacité à effectuer des ponts, ni l'autorité ne sont déterminantes de la fréquence des collaborations interdisciplinaires. Le nombre de projets et l'âge du premier projet collectif ne sont pas non plus des facteurs explicatifs de la fréquence des collaborations. Ce sont plutôt deux autres facteurs explicatifs qui entrent en jeu : la fonction occupée dans les projets et la sous-discipline des professeurs. Tout autre paramètre constant, la valeur prédite du degré d'interdisciplinarité pour les professeurs de biochimie qui sont uniquement requérants principaux est de 2.15, l'échelon indiquant 1 à 10% d'interdisciplinarité. Lorsque ces professeurs sont des requérants secondaires, la valeur grimpe à 5.42 (31 à 40% d'interdisciplinarité). Ces valeurs sont assez semblables pour les professeurs de sciences naturelles médicales (1.98 et 5.0) et de biologie II (1.69 et 4.28). On retrouve donc la hiérarchie des disciplines présentée plus haut, avec une variation dans la fréquence des collaborations interdisciplinaires qui peut être expliquée par la fonction principalement occupée par les professeurs. Alors que les disciplines interdisciplinaires sont toutes affiliées au domaine de la biologie, la chimie reste, en 1980, presque exclusivement tournée vers des enjeux propres à la discipline.

Dans cette partie, nous avons décrit la structure du réseau des professeurs de 1980, montré comment se distribuaient le capital social et le degré d'interdisciplinarité parmi les professeurs et, enfin, comment l'un était relié à l'autre. Avant de poursuivre cette analyse en cherchant cette fois à comprendre dans quelle mesure certaines formes de capital social et d'interdisciplinarité, pas nécessairement en termes de volume, sont déterminantes pour occuper des positions de pouvoir au sein de l'espace des professeurs nous allons maintenant répéter le même schéma d'analyse pour les professeurs de 2000.

3.3 Le réseau des professeurs de 2000

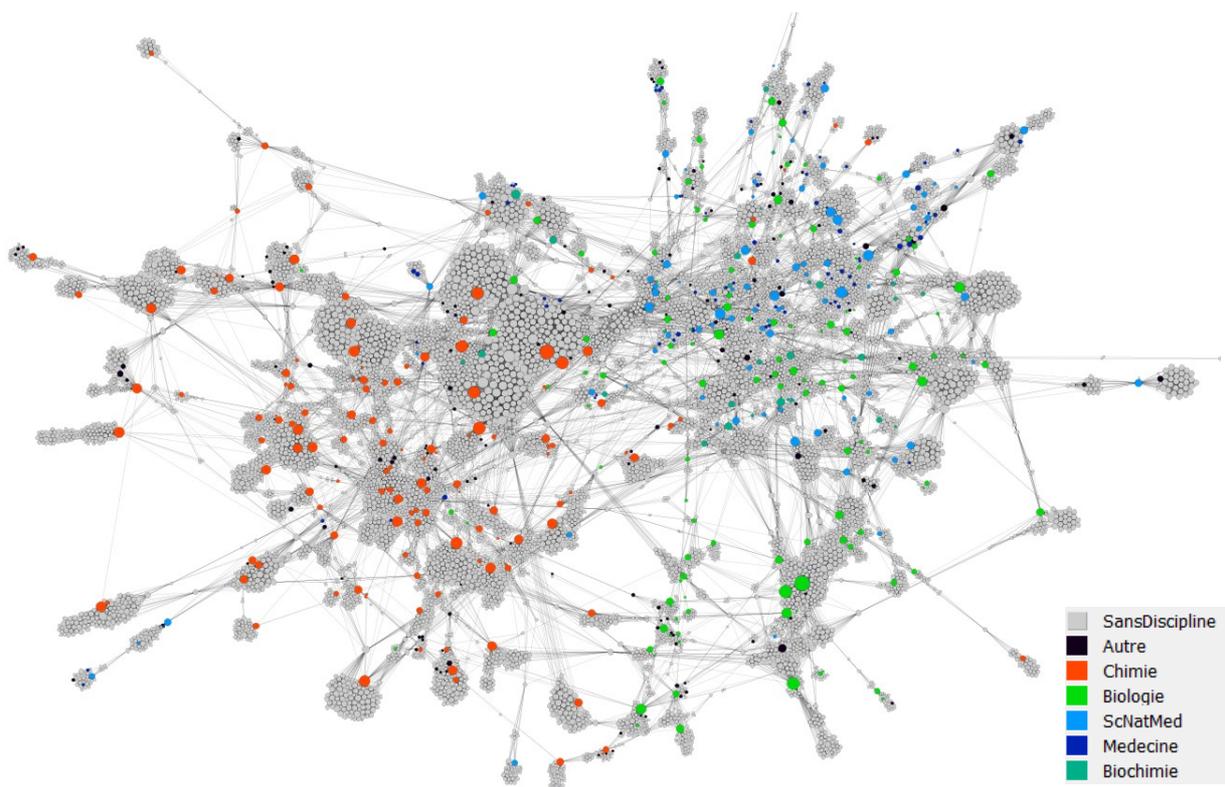
Alors que les années 1980 font souvent référence à une forme d'âge d'or des disciplines, notamment de la chimie (Bensaude-Vincent & Stengers 1993, Baudet 2017), et du champ académique dans sa structure la plus classique (Bourdieu 1984a, Abbott 2001a), les années 2000 sont représentatives d'un certain nombre de changements du point de vue du financement de la recherche et du développement de nouveaux domaines de recherche comme la fin d'un « demi-siècle de transformations » (Gros 2003, Benninghoff et al. 2014, Benninghoff & Braun 2010, Gugerli et al. 2010, Leresche et al. 2012, Bonneuil 2015). Empiriquement, ces transformations se traduisent par un nombre de projets et des montants des financements par professeur qui ont presque doublé, impliquant aussi une augmentation du nombre de collaborations entre les professeurs et donc une certaine *collectivisation* par les projets de recherche (Gingras 2002). La période récente est aussi caractérisée par une expansion des

collaborations scientifiques interdisciplinaires (Morillo et al. 2001, Gingras 2002, Larivière & Gingras 2010, Gorda & Leresche 2015). De fait, nous pouvons nous attendre à ce que le réseau des professeurs de 2000 soit plus étendu, voire plus dense que le réseau des professeurs de 1980. Nous pouvons aussi également supposer une plus grande fréquence des collaborations entre les disciplines, en particulier dans le cas de la biologie II (biochimie et biologie moléculaire) qui se voient de plus en plus intégrées dans le domaine des sciences médicales (Chen et al. 2014, Morange 2016, Leresche et al. 2012). Dans cette partie, nous analysons la structure du réseau des professeurs de 2000, les liens entre les disciplines des projets et des professeurs, le capital social des professeurs et ses liens avec le degré d'interdisciplinarité.

3.3.1 La structure du réseau des professeurs de 2000

Le réseau *two-mode* des professeurs de 2000 compte 16'320 nœuds (11'844 individus et 4'476 projets) et 23'651 liens. La projection sur les individus forme un réseau de 73'741 arêtes entre eux-ci. Le réseau compte, parmi les requérants des projets, 647 élites académiques dont 334 professeurs de biologie et de chimie de 2000, 8 professeurs de cette cohorte n'étant pas référencés dans la base « P3 ». La figure ci-dessous montre la représentation graphique de la principale composante connexe de ce réseau, qui comprend 94.5% des nœuds et 97.3% des liens. La taille des nœuds est proportionnelle au degré et les couleurs représentent les disciplines des professeurs référencés dans la base de données des élites suisses. Le réseau est à nouveau très peu dense (0.001).

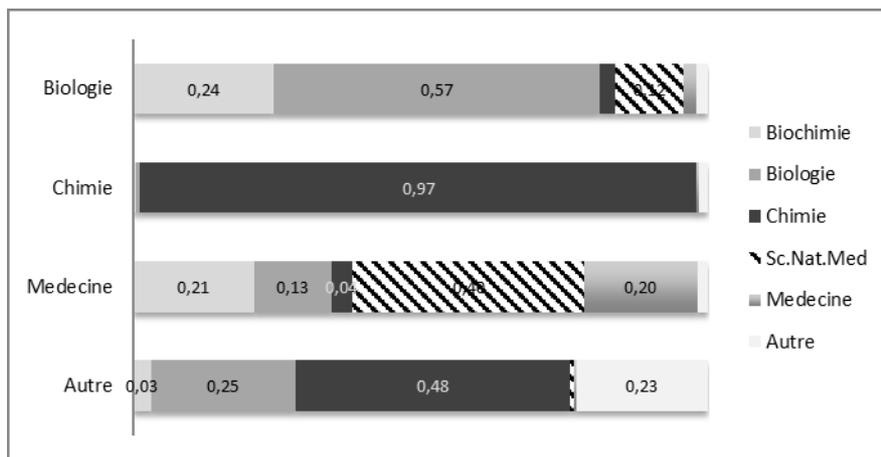
Figure 5.14 Réseau des professeurs de 2000 (principale composante connexe)



Comme pour le réseau des professeurs de 1980, le réseau des professeurs de 2000 comporte une minorité d'élites académiques en comparaison de l'ensemble des collaborateurs. La représentation graphique de la principale composante connexe montre une division marquée entre les professeurs de chimie à gauche et les professeurs de biologie et de sciences naturelles médicales à droite. Au nord, on trouve des professeurs de biologie reliés à des professeurs d'autres disciplines. Les élites académiques (N=647) représentent au total 5.46% des nœuds du réseau. Le nombre de liens entre-

elles est de 5'555, correspondant à 23.5% des postes disponibles. Sur l'ensemble des élites académiques, on compte 23% de professeurs de biologie (N=149), 22.9% de professeurs de chimie (N=148), 10.4% de professeurs de biochimie (N=67), 10.8% de professeurs de sciences naturelles médicales (N=70), 16.7% de professeurs de médecine (N=108) et 16.2% de professeurs d'autres disciplines (N=105). Les trois plus importantes sont représentées par 4.9% de professeurs de sciences de la terre (N=32), 4.6% de professeurs de physique (N=30) et 2.9% de professeurs de sciences techniques (N=19).

Figure 5.15 Répartition des requérants élites de 2000 dans les projets selon la discipline (en %)



Effectifs des postes occupés par des élites académiques (N=5'555) : projets en biologie (N=1'969), projets en chimie (N=2'064), projets en médecine (N=996) et projets autres (N=526). Les professeurs de chimie occupent 42.1% des postes, les professeurs de biologie 25.2%, les professeurs de biochimie 12.9%, les professeurs de sciences naturelles médicales 11.6%, les professeurs de médecine 4.5% et les autres 3.7%.

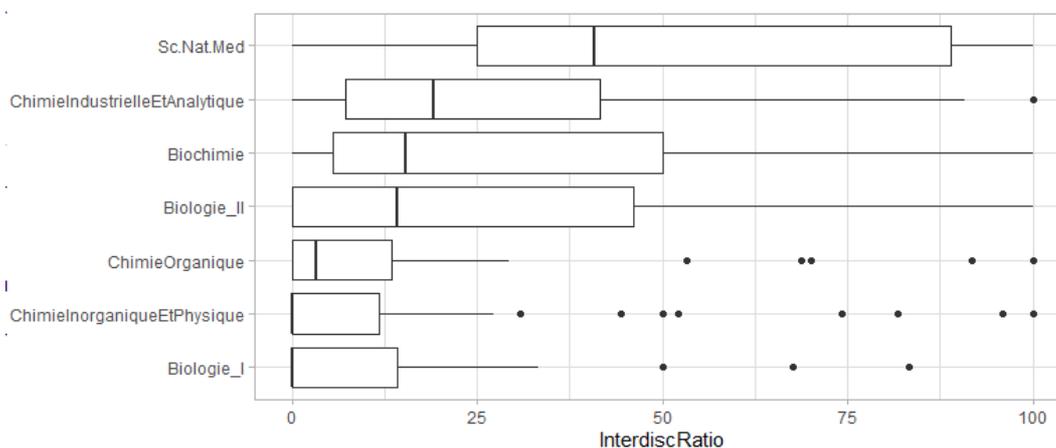
La répartition des disciplines des élites académiques dans les projets en 2000 est relativement semblable au cas de 1980 et ne confirme pas une augmentation de l'interdisciplinarité, du moins pas en fonction des disciplines des membres des projets. Le taux de professeurs d'une autre discipline que celle du projet est identique par rapport à 1980 à 3% pour la chimie, mais augmente pour la biologie à 19% de professeurs non-biologistes dans les projets en biologie. Cependant, si l'on ajoute les professeurs de sciences naturelles médicales, c'est-à-dire pour une très large majorité des professeurs de biologie en faculté des sciences, ce taux baisse à 7%, soit encore moins qu'en 1980. De plus, la répartition des élites au sein des projets en médecine et des projets d'autres disciplines suit la même logique qu'en 1980.

Dans les projets en médecine reliés aux professeurs de 2000, on compte à nouveau très peu de chimistes (4%) comparé aux professeurs de biologie et biochimie (35%) et aux professeurs de sciences naturelles médicales (40%). La part des professeurs de chimie est, tout comme pour 1980, plus élevée dans les projets des autres disciplines (48%) contre 28% de professeurs de biologie. Ces pourcentages varient peu entre les deux cohortes indiquant que, bien que le réseau de 2000 soit plus étendu que celui de 1980 (5'555 liens entre les élites académiques en 2000 contre 3'035 en 1980). L'augmentation du nombre de projets par professeur n'implique pas une plus grande propension à occuper un poste de requérant dans des projets d'une discipline différente. Par contre, les facteurs explicatifs de l'interdisciplinarité changent, en particulier du point de vue des disciplines et du capital social, comme nous le montrons dans la partie qui suit.

3.3.2 Le degré d'interdisciplinarité des professeurs de 2000

Comme pour les professeurs de 1980, nous avons établi un ratio qui mesure la fréquence des collaborations des professeurs en croisant la discipline des projets et celle des professeurs. Un score d'interdisciplinarité a été calculé pour chaque professeur allant de 0% de collaborations interdisciplinaires à 100% de collaborations interdisciplinaires.

Figure 5.16 Degré d'interdisciplinarité selon les sous-disciplines



Note : L'ANOVA est significative avec un coefficient de $2.7e^{-11}$, ce qui indique que les moyennes sont statistiquement différentes pour toutes les disciplines. Le degré d'interdisciplinarité moyen est de 24.8 et la médiane est de 9.8.

La moyenne du degré d'interdisciplinarité est un peu plus élevée en 2000 (24.8%) qu'en 1980 (20.3%), mais c'est surtout l'augmentation du score médian qui indique celle de la fréquence généralisée des collaborations interdisciplinaires. Comme pour 1980, ce sont les sciences naturelles médicales qui possèdent le score moyen le plus élevé avec une moyenne de 51.5%. La biochimie et la biologie II sont toujours relativement interdisciplinaires avec des moyennes de 30.9% pour la première et 24.3% pour la seconde. Ce qui change entre les deux périodes, c'est l'augmentation de la fréquence des collaborations dans des projets d'autres disciplines pour les professeurs de chimie industrielle et analytique (33.15 en moyenne) qui sont en moyenne encore plus interdisciplinaires que les professeurs de biochimie et de biologie II. On constate aussi que la chimie organique est un peu plus interdisciplinaire en 2000 qu'en 1980 (14.3% en moyenne avec un score médian de 3.23). Enfin, la chimie inorganique (13.5%) et la biologie I (11.4%) restent très faiblement interdisciplinaires avec des scores médians à zéro. Ainsi, la période récente voit les frontières de la chimie s'ouvrir vers les autres disciplines, en particulier dans les domaines de la chimie industrielle et organique. Les chimistes industriels sont ainsi fortement tournés vers des collaborations à l'extérieur de la discipline, et peu d'entre eux le font rarement ou ne le font jamais. C'est donc toute la discipline qui se retrouve intégrée dans des projets dépassant ses frontières, contrairement à la chimie organique qui compte encore de nombreux professeurs avec un degré d'interdisciplinarité faible ou nul. Dans la partie qui suit, nous cherchons à comprendre dans quelle mesure l'interdisciplinarité est un enjeu pour les disciplines et si elle est liée à un type de capital social particulier.

3.3.3 Le capital social des professeurs de 2000

Cette partie présente la distribution des indicateurs de centralité dans les sous-disciplines. Nous tenterons de comprendre dans quelle mesure la hiérarchie du capital social est explicative du degré d'interdisciplinarité pour les professeurs de 2000.

Distribution du capital social et disciplines des professeurs

La comparaison des moyennes pour les trois indicateurs de capital social montre à nouveau une distinction entre les sous-disciplines de la chimie mieux dotées en capital social et les sous-disciplines de la biologie, globalement moins dotées en capital social, avec deux différences importantes par rapport à 1980 : le retrait de la biochimie et la montée en importance de la biologie II en termes d'intermédiarité et d'autorité. Les résultats des indicateurs de centralité et les figures illustratives sont réunis dans l'annexe 6.3.2.

La comparaison des degrés de centralité montre une séparation claire entre les sous-disciplines de la chimie qui concentrent le plus de pouvoir en matière de taille du réseau et les sous-disciplines de la biologie dont la portion locale du réseau à laquelle elles sont connectées est largement plus réduite. De plus, la biochimie possède un réseau bien plus petit qu'en 1980, passant de la troisième sous-discipline au degré le plus élevé à l'avant-dernière dans la comparaison des moyennes. On retrouve une hiérarchisation des sous-disciplines très semblable dans la distribution des centralités d'intermédiarité et d'autorité. A nouveau, ce sont les professeurs de chimie organique et inorganique qui possèdent le plus de capital social lié à ces deux mesures. Ensuite, on trouve les professeurs de biochimie et de biologie II avec des moyennes très proches, puis les professeurs de sciences naturelles médicales, de chimie industrielle et de biologie I, qui restent les plus faiblement dotés en ressources liées aux positions occupées dans le réseau.

De manière générale, la distribution du capital social en fonction des sous-disciplines montre une hiérarchisation basée d'abord sur une opposition entre les professeurs de chimie – exception faite de la chimie industrielle – détenant davantage de ressources que les professeurs de biologie, puis entre les professeurs de microbiologie (biologie II et sciences naturelles médicales) détenant davantage de ressources que les professeurs de biologie évolutive et historique. Comparé à 1980, on note une affirmation des sciences naturelles médicales et de la biologie II pour les trois indicateurs. Enfin, la non-adéquation entre la centralité d'intermédiarité et le degré d'interdisciplinarité semble se répéter, puisque les sous-disciplines les plus interdisciplinaires ne sont pas celles qui créent le plus de ponts (notamment les sciences naturelles médicales). De l'autre côté, les disciplines qui possèdent la plus grande intermédiarité sont aussi celles qui sont le moins interdisciplinaires, à l'image de la chimie inorganique.

Le tableau 5.5 résume les corrélations entre les indicateurs du capital social, le nombre de projets et les montants accordés.

Tableau 5.5 Coefficients de corrélation entre les indicateurs de capital social et de capital scientifique

	Nombre total de projets	Centralité de degré	Centralité d'intermédiarité	Centralité de vecteur propre	Montant total octroyé
Nombre total de projets	1	-	-	-	-
Centralité de degré	0.75	1	-	-	-
Centralité d'intermédiarité	0.5	0.65	1	-	-
Centralité de vecteur propre	<i>0.36</i>	0.7	0.5	1	-
Montant total octroyé	0.69	0.85	0.57	0.56	1

Comme c'était le cas pour les professeurs de 1980, la centralité de vecteur propre est très corrélée à la centralité de degré (0.75), impliquant que ceux qui ont le réseau le plus étendu sont aussi ceux qui sont le mieux connectés aux professeurs les mieux connectés, même si l'autorité n'est que moyennement associée au nombre total de projets obtenus par les professeurs. C'est donc plus la taille des projets mesurée par le nombre de collaborateurs qui compte. Contrairement à la cohorte de 1980, elle est aussi fortement corrélée à la centralité d'intermédiarité qui, elle, reste associée à la taille

du réseau (centralité de degré) avec un coefficient de 0.65. De manière générale, tous les indicateurs sont corrélés de manière importante, à l'exception de la centralité de vecteur propre et du nombre de projets.

Degré d'interdisciplinarité et capital social des professeurs

Afin de mesurer l'effet du capital social sur la fréquence des collaborations interdisciplinaires, nous reprenons les mêmes modèles que pour les professeurs de 1980 : un premier comportant uniquement les indicateurs de centralité d'intermédiarité et de vecteur propre, un deuxième qui intègre les variables du capital scientifique mesuré par le nombre de projets obtenus, l'âge du premier projet collectif et le type de fonction occupée dans les projets et, enfin, un troisième contenant aussi les sous-disciplines. Le tableau 5.6 présente la régression de Poisson menée sur le degré d'interdisciplinarité sous forme d'échelle.

Tableau 5.6 Régression ordinale sur le degré d'interdisciplinarité des professeurs de 2000

	Modèle 1				Modèle 2				Modèle 3			
	Estimate	Std. Error	Sig.	exp(beta)	Estimate	Std. Error	Sig.	exp(beta)	Estimate	Std. Error	Sig.	exp(beta)
(Intercept)	1.08	-0.07	***	1.22	-0.3		***		0.13	-0.33		
Centralité d'intermédiarité (ordinaire)	0.04	-0.02		1.04	0.04	-0.02	*	1.04	0.02	-0.02		1.02
Centralité de vecteur propre (ordinaire)	-0.05	-0.02	**	0.95	-0.05	-0.02	*	0.95	-0.05	-0.02	*	0.95
Nombre total de projets FNS					-0.01	-0.01		0.99	0.01	-0.01		1.01
Age du premier projet collectif					-0.01	-0.01	*	0.99	0	-0.01		1.00
Fonction : plutôt principale					0.42	-0.16	**	1.52	0.43	-0.16	**	1.54
Fonction : secondaire					0.89	-0.16	***	2.44	0.77	-0.16	***	2.16
Biochimie									0.81	-0.14	***	2.25
Biologie I									-0.14	-0.18		0.87
Biologie II									0.58	-0.14	***	1.79
Chimie organique									0.03	-0.18		1.03
Chimie industrielle et analytique									0.8	-0.18	***	2.23
Sciences naturelles médicales									1.23	-0.14	***	3.42
AIC	1935.98				1780.26				1618.24			
BIC	1947.41				1806.57				1667.1			
Log Likelihood	-964.99				-883.13				-796.12			
Deviance	1277.14				1129.15				955.13			
Num. Obs.	334				317				317			

*** p < 0.001, ** p < 0.01, * p < 0.05.

A nouveau, les AIC indiquent que c'est le troisième modèle qui est celui dont la qualité est la meilleure, ce qui montre le rôle important joué par les sous-disciplines dans le degré d'interdisciplinarité des professeurs.

On trouve un effet des trois groupes de variables. La centralité de vecteur propre possède un effet similaire à la centralité d'intermédiarité pour la cohorte de 1980, en ce que chaque augmentation d'un point sur l'échelle fait baisser la fréquence des collaborations interdisciplinaires d'un facteur de 0.05. Même si elle est significative, la relation reste très faible, voire quasi nulle. Du côté du capital scientifique, c'est à nouveau la fonction occupée dans les projets qui possède un effet significatif. Les professeurs qui sont plutôt des requérants principaux ont 54% de chances en plus d'être interdisciplinaires que ceux qui ont uniquement été requérants principaux, et les requérants secondaires font encore plus que doubler leurs chances de collaborer dans des projets hors de leur discipline que les requérants uniquement principaux. La probabilité prédite que le degré d'interdisciplinarité augmente d'une unité lorsque les professeurs sont plutôt requérants principaux

se monte à 63.6%, et à 71.1% lorsqu'ils occupent majoritairement des fonctions de requérant secondaire.

Enfin, les sous-disciplines jouent toujours un rôle déterminant de la fréquence des collaborations interdisciplinaires. Les probabilités prédites pour que le degré d'interdisciplinarité augmente lorsque les professeurs occupent une chaire de biochimie plutôt qu'une chaire de chimie inorganique ou physique sont similaires à celles de 1980 (71.8% comparé à 68%), comme celles des professeurs de biologie II (67% comparé à 63% pour la cohorte de 1980). Par contre, les professeurs de sciences naturelles médicales deviennent les plus interdisciplinaires des professeurs de 2000 avec une probabilité prédite de 79.6%. Enfin, on trouve aussi un effet significatif important de la chimie industrielle et analytique qui n'était pas présent auparavant. Ces professeurs ont 71.7% de probabilité de participer à des projets en dehors de leurs disciplines comparé aux professeurs de chimie inorganique et physique. Ce résultat est certainement lié à la redéfinition des biotechnologies qui a lieu à cette période, vers une ouverture à des nouvelles disciplines, notamment la chimie et les sciences de l'ingénieur (Gugerli et al. 2010), impliquant un besoin de la part des biologistes d'intégrer plus de chimistes dans leurs recherches. Ce qui marque également, c'est qu'il semble que le besoin de collaborer avec la chimie se fonde sur le besoin d'intégrer des techniques de production industrielle et d'analyse des produits, soit la dimension appliquée de la discipline, et forcément sur sa dimension plus fondamentale certainement déjà intégrée par les domaines de la biologie moléculaire et de la biochimie. Ce dernier point renforce l'hypothèse d'une distinction épistémologique entre l'échelle moléculaire de la biologie et de la chimie dans la période récente et donc d'une différenciation toujours marquée entre les deux disciplines.

On retrouve ainsi sensiblement les mêmes facteurs explicatifs du degré de l'interdisciplinarité pour les deux cohortes de professeurs. L'effet du capital social est quasi nul dans les deux cas, ce qui indique que la position occupée dans le réseau n'est pas un bon indicateur pour déterminer si un professeur a tendance à collaborer dans des projets en dehors de sa propre discipline. Par contre, les disciplines restent un facteur déterminant du degré d'interdisciplinarité. En 2000, la prédiction du score d'interdisciplinarité est toujours la plus élevée pour les professeurs de biochimie (2.24 quand ils sont requérants principaux uniquement et 5.56 lorsqu'ils sont plutôt requérants secondaires). Ensuite, on trouve les professeurs de sciences naturelles médicales (2.06 pour les requérants principaux et 5.2 pour les requérants secondaires), les professeurs de biologie II (1.76 et 4.45), et les professeurs de chimie industrielle et analytique (1.46 et 3.69). Enfin, ce qui détermine de manière importante le fait de collaborer dans un projet en dehors de sa discipline est la fonction occupée au sein du projet. Il apparaît ainsi que l'importation de ressources issues d'une discipline tierce se fait par l'intégration de requérants secondaires, mais qu'il est très rare qu'un professeur dépose et obtienne un projet dans une autre discipline que la sienne en tant que requérant principal.

3.4 Les déterminants de l'interdisciplinarité et la distribution du capital social

En conclusion de cette partie consacrée à la structure des réseaux de collaboration, nous revenons sur les trois premières questions de recherche adressées en début de chapitre. Premièrement, l'analyse de ces réseaux semble confirmer le caractère hétérogène et stratifié de la biologie (Q1). Du point de vue du réseau total, la biologie I et la biologie II sont insérées dans des réseaux locaux de petite taille, sont peu connectées à des projets eux-mêmes très connectés et n'occupent pas de positions privilégiées en tant que « ponts » dans les collaborations. Bien que le nombre de connexions avec des projets en biologie soit relativement restreint comparé, par exemple, à la physique ou à la chimie, les deux pôles de la discipline sont fréquemment reliés à d'autres disciplines, majoritairement aux

disciplines de la Division II pour la biologie I, et à la médecine et aux sciences naturelles médicales pour la biologie II. Par contre, les deux biologies collaborent peu entre elles directement, ce qui appuie la thèse d'une différenciation entre la biologie *fonctionnelle* et la biologie *historique* (Gros 1993, Stettler 2002, Morange 2016). L'analyse des réseaux des professeurs de 1980 et 2000 confirme le caractère plus interdisciplinaire des professeurs de biologie *fonctionnelle* par rapport aux professeurs de biologie *historique* (**Q2**), ce qui est certainement lié à l'intégration particulièrement forte de la microbiologie et de la biochimie dans le domaine des sciences médicales (Chen et al. 2014, Benninghoff et al. 2014).

Cette distinction entre deux biologies se retrouve dans les indicateurs de centralité calculés dans le réseau des professeurs. En 1980, les professeurs de biochimie possèdent un degré de centralité et de vecteur propre relativement élevé et, surtout, ce sont les professeurs qui sont le plus souvent situés sur des points de passage. A la même période, les professeurs de biologie II possèdent un capital social plutôt faible pour les trois indicateurs, un peu plus élevé cependant que celui des professeurs de biologie I qui possèdent les réseaux les plus petits et sont les moins connectés aux professeurs très connectés. Leur intermédialité est également très faible, juste supérieure à celle des professeurs de sciences naturelles médicales, qui sont les moins enclins à occuper des positions de pont dans le réseau. En 2000, ces professeurs de sciences naturelles médicales deviennent ceux qui possèdent le plus grand réseau parmi les sciences biologiques et médicales, preuve d'un certain déploiement de la discipline déjà mesuré par l'augmentation du nombre de chaires professorales et par la trajectoire ascendante de la discipline dans l'espace des professeurs. Le nombre de collaborations entretenues par les professeurs de biologie II et la place qu'ils occupent dans le réseau restent similaires à ce qu'ils étaient en 1980. Il en va de même pour les professeurs de biologie I, qui demeurent au bas de l'échelle de la distribution disciplinaire du capital social.

Deuxièmement, il ressort des analyses des co-requêtes que la chimie n'occupe pas une place particulièrement centrale dans le réseau des collaborations (**Q2**), et que son rôle de médiateur dans le « triangle » qu'elle forme avec la biologie et la physique (Reinhardt 2002, Baudet 2017) ne se retrouve pas dans la position qu'elle y occupe. Nos résultats n'ont pas non plus relevé de différences notoires entre les domaines de spécialisation de la discipline en matière de taille du réseau local. Les professeurs de chimie organique et de chimie inorganique et physique restent ceux qui possèdent les réseaux les plus étendus pour les cohortes de 1980 et de 2000. Les professeurs de chimie industrielle et analytique possèdent un réseau d'une envergure plus réduite en 1980, mais un réseau d'une taille similaire aux deux autres domaines pour l'année 2000. De façon agrégée, c'est-à-dire lorsque l'on considère les collaborations dans le cadre du réseau total, la chimie possède un réseau local étendu, et les projets de la discipline sont fréquemment connectés à d'autres projets eux-mêmes très connectés. Ils sont par contre très rarement situés sur des points de passage, puisque la chimie est la discipline qui montre le degré d'intermédialité le plus faible. Concernant les disciplines des collaborations, la chimie est clairement moins reliée à d'autres disciplines que ne le sont la biologie, la médecine et les sciences naturelles médicales. Les liens les plus fréquents s'établissent avec la physique et les sciences de la terre, et il est très rare que les projets en chimie soient reliés à des projets dans les domaines des sciences biologiques ou médicales.

Si les professeurs de chimie possèdent un réseau d'une taille plus grande que les professeurs de biologie, et ce pour les deux cohortes, ils demeurent faiblement interdisciplinaires, voire même pas du tout. Le nombre de professeurs qui collaborent dans des projets en dehors de leur discipline augmente un peu entre 1980 et 2000, même si cette fréquence reste inférieure à celle des professeurs de biologie II et de sciences naturelles médicales. L'exception vient des professeurs de chimie industrielle et analytique de la cohorte de 2000 qui montrent un degré d'interdisciplinarité important. L'interdisciplinarité des professeurs de chimie organique augmente également dans le temps, bien

qu'elle demeure faible en 2000. On constate ainsi des différences dans le degré d'interdisciplinarité des sous-disciplines de la chimie (**Q2**) qui semblent confirmer, moyennant une certaine prudence, que la chimie appliquée revêt un caractère plus interdisciplinaire que la chimie fondamentale (Morillo et al. 2001).

Enfin, nos analyses montrent qu'il existe un lien entre le degré d'interdisciplinarité et le capital social mais que la force de ce lien est très faible, voire nulle (**Q3**). Contrairement aux résultats de Leydesdorff (2007) qui montrent que les revues les plus interdisciplinaires sont aussi celles qui possèdent la plus grande centralité d'intermédiarité, faisant de cette dernière un indicateur pour mesurer le degré d'interdisciplinarité (une fois la centralité de degré contrôlée), nos analyses rejettent assez clairement cette hypothèse. Ce qui joue de manière beaucoup plus importante pour le degré d'interdisciplinarité est l'appartenance disciplinaire et la fonction occupée dans les projets. Le caractère disciplinaire de l'interdisciplinarité (Porter & Rafols 2009, Larivière & Gingras 2014) qui ressort de nos analyses apparaît comme une preuve empirique de la permanence des logiques disciplinaires (Abbott 2001a, Bourdieu 2001, Marcovich & Shinn 2011, Heilbron & Gingras 2015) qui invalide la théorie antidifférenciationniste de la *fin des disciplines* (Gibbons et al. 1994, Nowotny et al. 2001, Clark 2002).

De plus, on a pu constater qu'au-delà d'un certain, l'interdisciplinarité se fait rare et ne semble plus constituer une ressource de reconnaissance au sein du champ (Larivière & Gingras 2010). En 1980, la fréquence moyenne pour les professeurs les plus interdisciplinaires ne dépasse pas 30% des projets menés en dehors de leur discipline. En 2000, si elle atteint 50% pour les professeurs de sciences naturelles médicales, elle reste autour de 33% pour les professeurs de chimie industrielle et analytique et de 31% pour les professeurs de biochimie. Notre propos dans la dernière partie de ce chapitre sera de comprendre dans quelle mesure l'interdisciplinarité et le capital social peuvent agir comme des ressources dans l'espace des professeurs et consister en des stratégies de renforcement des positions dominantes ou plutôt pour compenser un manque de capital spécifique.

4. Interdisciplinarité et capital social comme ressources de pouvoir

Les résultats de la partie précédente ont pu donner une indication sur la fréquence des collaborations interdisciplinaires, de même qu'ils ont mis en avant un lien important entre les disciplines et la fréquence des collaborations interdisciplinaires. Dans cette dernière partie, nous cherchons à comprendre comment l'interdisciplinarité peut être mobilisée comme une ressource par les professeurs. Nous faisons l'hypothèse qu'au-delà du volume des collaborations qui reste assez faible en moyenne, la discipline avec laquelle les professeurs collaborent peut aussi agir comme une ressource, qu'elle concerne les projets ou les co-requérants. Notre **deuxième axe de questionnement** se centre ainsi sur l'interdisciplinarité et le capital social en tant que ressources distinctives pour les agents du champ scientifique (Bourdieu 1980b, Eloire 2018). En reliant les pratiques interdisciplinaires aux positions occupées par les professeurs dans l'espace, il est possible d'analyser comment la distribution du degré d'interdisciplinarité et les disciplines des collaborations s'accordent avec les structures d'oppositions basées sur la détention du capital scientifique, temporel, extra-académique et international. Ensuite, en analysant la répartition du capital social et de l'interdisciplinarité dans les quatre profils des professeurs, nous pourrions voir si certains degrés, certaines disciplines et certaines configurations de capital social sont associés à des positions plutôt dominantes (cumul des ressources scientifiques et temporelles ou basées principalement sur les ressources scientifiques) ou plutôt dominées (basées sur un faible volume global de capital).

Pour ce faire, nous allons considérer le degré d'interdisciplinarité, la discipline des projets et la discipline des co-requérants comme des variables *supplémentaires* que nous allons projeter dans l'espace des professeurs construit dans le chapitre 4. La mesure des distances entre les coordonnées des modalités permettra, dans un premier temps, d'évaluer quelles sont les formes de collaboration qui sont effectivement distinctives pour les professeurs. Dans un deuxième temps, nous utiliserons les modalités des variables de l'interdisciplinarité et du capital social pour qualifier les quatre types de profils des professeurs : les *scientifiques consacrés*, les *faiseurs de science*, les *scientifiques importés* et les *outsiders locaux*. Cette dernière analyse permettra de conclure sur les déterminants du pouvoir académique en matière de collaborations scientifiques. Dans une première partie, nous présentons les données et les indicateurs pour notre analyse.

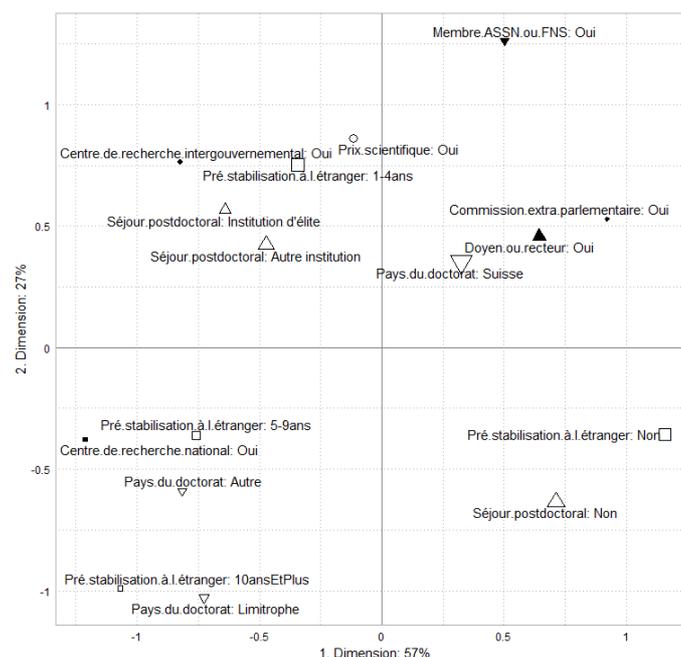
4.1 Données et indicateurs

Dans un premier temps, nous effectuons un bref retour sur l'ACM des professeurs où nous rappelons les principales structures d'opposition de l'espace qui définissent les quatre formes de pouvoir académique. Dans un deuxième temps, nous présentons les données relatives au degré d'interdisciplinarité, aux disciplines des projets et des co-requérants ainsi qu'au capital social.

4.1.1 Retour sur les résultats de l'ACM des professeurs

Le nuage des modalités de l'espace des professeurs (N=642) est basé sur 11 variables et 27 modalités de capital scientifique, temporel, extra-académique et international et est structuré par deux axes d'opposition principaux. L'axe principal (horizontal) a pu être interprété comme un axe de structure du capital spécifique à l'espace entre dominante du capital scientifique et international (à gauche) et temporel et local (à droite). Le second axe d'opposition a pu être identifié comme un axe de volume du capital spécifique. Au nord, la fraction cumulant les marques de prestige scientifique s'oppose, au sud, à une fraction faiblement dotée en ressources. Pour faciliter la lecture des résultats de la projection des collaborations disciplinaires que nous présenterons ci-après, la figure 5.17 redonne la distribution des modalités dans l'espace des professeurs, telle qu'elle a été présentée dans la partie 2.2.1 du chapitre 4 consacrée au nuage des modalités actives.

Figure 5.17 L'espace des professeurs de biologie et de chimie (1957-2000)



Un *clustering* mené sur les coordonnées des individus a pu dégager quatre types de profils correspondant à quatre configurations de capitaux que nous allons mettre en lien avec les indicateurs de l'interdisciplinarité et du capital social issus de l'analyse des réseaux. Le premier type est celui des *scientifiques consacrés* (N=124) qui sont caractérisés par un fort volume de capital spécifique cumulant à la fois les ressources scientifiques et temporelles. Les professeurs de biologie II sont surreprésentés au sein de ce groupe qui peut être interprété comme le plus dominant de l'espace. Ensuite, le deuxième type est celui des *faiseurs de science* (N=203), très fortement dotés en capital scientifique et incarnant la figure dominante de l'espace scientifique dans son pôle le plus autonome. C'est également le type dominant dans l'espace des professeurs de chimie, davantage structuré par le volume de capital scientifique que l'espace des professeurs de biologie. Le troisième type est celui des *scientifiques importés* (N=141) qui inclut les professeurs ayant effectué une grande partie de leur carrière à l'étranger et dont l'accès aux positions d'élite, très majoritairement en tant que professeur ordinaire, dépend d'une conversion de capital international. Enfin, les *outsiders locaux* (N=174) regroupent les professeurs détenteurs d'un faible niveau de ressources des trois types et représentent le type de profil dont le volume global de capital est le plus faible, mais les ressources extra-académiques les plus élevées.

4.1.2 Variables supplémentaires

L'objectif de cette dernière partie est donc d'analyser la distribution du capital social et de l'interdisciplinarité dans l'espace des professeurs, pour ensuite les mettre en lien avec ces quatre profils. Nous ajoutons également des variables mesurant le capital scientifique octroyé par les collaborations scientifiques en termes de nombre total de projets obtenus durant la carrière, de montant total des financements et du type de fonction majoritairement occupée au sein des projets. Cette sous-partie est consacrée à la description des modalités supplémentaires qui seront d'abord projetées dans l'espace, puis utilisées pour caractériser les profils. Les effectifs par modalité pour les deux cohortes sont résumés dans l'annexe 6.4. Pour mener notre caractérisation des profils, nous avons recodé les variables quantitatives en variables catégorielles.

Le *capital social* est mesuré par les trois indicateurs de centralité qui ont été divisés en catégories basées sur les effectifs des quartiles, c'est-à-dire que chaque modalité comprend une proportion similaire de professeurs. La **centralité de degré** comprend les modalités *Deg_Low--*, *Deg_Low-*, *Deg_High+* et *Deg_High++*. La **centralité d'intermédiarité** comprend les modalités *Betw_Low--*, *Betw_Low-*, *Betw_High+* et *Betw_High++*. La **centralité de vecteur propre** comprend les modalités *Eigen_Low--*, *Eigen_Low-*, *Eigen_High+* et *Eigen_High++*.

L'*interdisciplinarité* est mesurée par trois sets de variables. La fréquence des collaborations interdisciplinaires (**InterdiscRatio_cat**) comprend les quatre modalités utilisées précédemment : *Interdisc_Non*, *Interdisc_Faible*, *Interdisc_Modérée* et *Interdisc_Forte*. Les résultats des régressions menées sur cette variable avaient montré un rôle significatif de la discipline. Afin de prendre en compte les différences entre les professeurs de biologie et les professeurs de chimie, les modalités de la variable **DisInterdisc** prennent les valeurs suivantes : *Biologie_Interdisc : Non*, *Biologie_Interdisc : Faible*, *Biologie_Interdisc : Modérée*, *Biologie_Interdisc : Forte*, *Chimie_Interdisc : Non*, *Chimie_Interdisc : Faible*, *Chimie_Interdisc : Modérée* et *Chimie_Interdisc : Forte*.

Ensuite, deux sets de variables binaires sont basés sur la discipline des projets et la discipline des co-requérants. Comme expliqué au début du chapitre, les variables de la **discipline des projets (général)** sont construites sur le fait d'avoir (ou pas) *au moins une fois* collaboré au sein d'un projet de biologie (*Proj_Biologie*), de chimie (*Proj_Chimie*), de médecine (*Proj_Médecine*) ou d'une discipline autre (*Proj_Autre*). Les variables de la **discipline des co-requérants (général)** sont basées sur le fait d'avoir (ou pas) *au moins une fois* eu un co-requérant professeur de biochimie (*CoReq_Biochimie*), de biologie

(*CoReq_Biologie*), de chimie (*CoReq_Chimie*), de sciences naturelles médicales (*CoReq_ScNatMed*), de médecine (*CoReq_Médecine*) ou d'une autre discipline (*CoReq_Autre*). Les deux variables ont été croisées avec la discipline des professeurs.

Pour le set de variables binaires concernant la **discipline des projets**, la modalité *BioVersBioOnly_Yes* qualifie les professeurs de biologie ayant obtenu des projets dans la discipline de la biologie uniquement. Ils correspondent aux professeurs de biologie ayant un ratio d'interdisciplinarité de 0 (*Biologie_Interdisc* : Non). La modalité *BioVersChimie_Yes* qualifie les professeurs de biologie ayant été requérants au moins une fois dans un projet de chimie. La modalité *BioVersMed_Yes* qualifie les professeurs de biologie ayant été requérants au moins une fois dans un projet de médecine et de sciences naturelles médicales. La modalité *BioVersAutre_Yes* qualifie les professeurs de biologie ayant été requérants au moins une fois dans un projet d'une autre discipline que la biologie, la chimie ou la médecine. Pour les professeurs de chimie, la modalité *ChimieVersChimieOnly_Yes* qualifie les professeurs de chimie ayant obtenu des projets dans la discipline de la chimie uniquement. Ils correspondent aux professeurs de chimie ayant un ratio d'interdisciplinarité de 0 (*Chimie_Interdisc_Non*). La modalité *ChimieVersBio_Yes* qualifie les professeurs de chimie ayant été requérants au moins une fois dans un projet de biologie. La modalité *ChimieVersMed_Yes* qualifie les professeurs de chimie ayant été requérants au moins une fois dans un projet de médecine et de sciences naturelles médicales et la modalité *ChimieVersAutre_Yes* qualifie les professeurs de chimie ayant été requérants au moins une fois dans un projet d'une autre discipline que la chimie, la biologie ou la médecine.

Pour le set de variables binaires correspondant à la **discipline des co-requérants**, la modalité *BioCoReqBiochim_Yes* qualifie les professeurs de biologie ayant collaboré au moins une fois avec un professeur de biochimie au sein d'un même projet, *BioCoReqChim_Yes* les professeurs de biologie ayant collaboré au moins une fois avec un professeur de chimie au sein d'un même projet, *BioCoReqScNatMed_Yes* les professeurs de biologie ayant collaboré au moins une fois avec un professeur de sciences naturelles médicales au sein d'un même projet, *BioCoReqMed_Yes* les professeurs de biologie ayant collaboré au moins une fois avec un professeur de médecine au sein d'un même projet et *BioCoReqAutre_Yes* les professeurs de biologie ayant collaboré au moins une fois avec un professeur d'une autre discipline au sein d'un même projet. La modalité *ChimCoReqBiochim_Yes* qualifie les professeurs de chimie ayant collaboré au moins une fois avec un professeur de biochimie au sein d'un même projet, *ChimCoReqBio_Yes* les professeurs de chimie ayant collaboré au moins une fois avec un professeur de biologie au sein d'un même projet, *ChimCoReqScNatMed_Yes* les professeurs de chimie ayant collaboré au moins une fois avec un professeur de sciences naturelles médicales au sein d'un même projet, *ChimCoReqMed_Yes* les professeurs de chimie ayant collaboré au moins une fois avec un professeur de médecine au sein d'un même projet et *ChimCoReqAutre_Yes* qualifie les professeurs de biologie ayant collaboré au moins une fois avec un professeur d'une autre discipline au sein d'un même projet.

Le *capital scientifique* est mesuré par trois indicateurs. Le **nombre total de projets** est divisé en quatre catégories basées sur les effectifs des quartiles, c'est-à-dire que chacune des modalités regroupe une proportion équivalente de professeurs. Pour 1980, les catégories sont : (0,4] projets, (4,9] projets, (9,13] projets et (13,43] projets. Pour 2000, les catégories sont (0,9] projets, (9,13] projets, (13,19] projets et (19,43] projets. Le **montant total des financements** est divisé en cinq catégories basées sur des intervalles de quatre quantiles : *lowest*, *low*, *medium*, *high*, *highest*. Pour 1980, ils correspondent aux intervalles suivants : (0, 616'408], (616'408, 1'516'736], (1'516'736, 2'698'436], (2'698'436, 4'247'443] et (4'247'443, 16'794'036]. Pour 2000, ils correspondent à : (0, 1'788'637], (1'788'637, 3'388'688.8], (3'388'688.8, 4'892'278], (4'892'278, 6'607'864] et (6'607'864, 17'584'489]. Enfin, le

type de fonction occupée est divisé en quatre catégories : *uniquement principale* signifie que le professeur a uniquement occupé des fonctions de requérant principal, *plutôt principale* signifie qu'il a occupé une majorité de fonctions de requérant principal, *plutôt secondaire* qu'il a occupé une majorité de fonctions de requérant secondaire et *uniquement secondaire* que le professeur a uniquement occupé des fonctions de requérant secondaire.

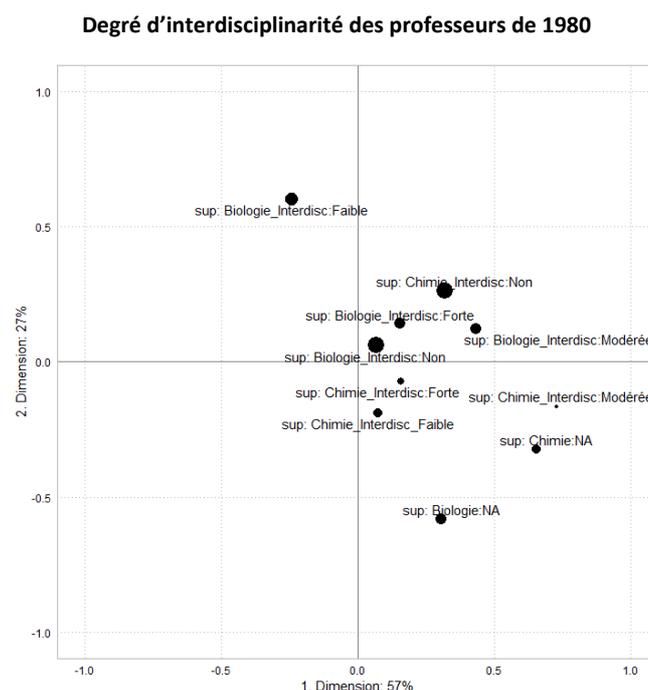
4.2 Distinctions disciplinaires : les trois mesures de l'interdisciplinarité

Deux enjeux sont sous-jacents à la construction des variables de l'interdisciplinarité. Premièrement, le degré d'interdisciplinarité divisé en quatre catégories peut montrer, dans le cas d'une distribution non-linéaire sur l'un ou l'autre axe d'opposition, à quelle fréquence les co-requêtes dans des projets d'une autre discipline peuvent agir comme une ressource, possiblement de manière différenciée selon la discipline. Deuxièmement, la discipline des collaborations peut fonctionner comme une ressource, à nouveau de manière différente en fonction de la discipline. Par exemple, un professeur de chimie collaborant avec des professeurs de biologie pourrait occuper une position plus dominante qu'un professeur de chimie collaborant avec des professeurs de médecine. La projection des variables de l'interdisciplinarité comme variables *supplémentaires* dans l'espace des individus peut permettre de rendre compte de ces distinctions. Pour cela, nous comparons les distances entre les coordonnées de modalités en suivant la règle d'usage suivante : nous considérons un écart de 0.5 entre les coordonnées de deux modalités supplémentaires sur un axe comme « notable » et un écart de 1 comme « large » (Le Roux & Rouanet 2010 : 59, Hjellbrekke 2018 : 64).

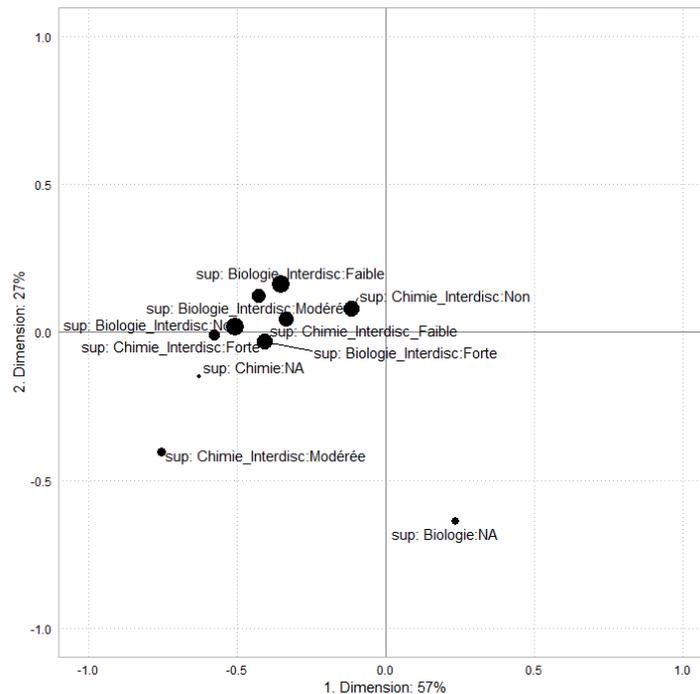
4.2.1 Projection du degré d'interdisciplinarité

Nous commençons par la projection des modalités relatives à la fréquence des collaborations interdisciplinaires des professeurs de biologie et de chimie pour 1980 et pour 2000 (figure 5.18). La distribution des modalités du degré d'interdisciplinarité confirme, premièrement, que sa distribution n'est pas linéaire avec l'un ou l'autre des axes et, deuxièmement, qu'elles reflètent des usages différents selon qu'elles concernent les professeurs de biologie ou les professeurs de chimie.

Figure 5.18 Projection du degré d'interdisciplinarité pour 1980 et 2000



Degré d'interdisciplinarité des professeurs de 2000



Plusieurs modalités sont distantes de 0.5 et plus dans l'espace des professeurs de 1980. Parmi les professeurs de biologie, l'interdisciplinarité faible se distingue de l'interdisciplinarité modérée sur l'axe de structure du capital spécifique (0.675). Ainsi, les biologistes qui participent de manière ponctuelle à des projets hors de leur discipline sont globalement mieux dotés en capital scientifique que les professeurs y ayant recours de façon modérée, qui sont plutôt dotés en capital de pouvoir temporel. Les professeurs de biologie ayant un degré d'interdisciplinarité faible se distinguent également des professeurs n'ayant jamais participé à des projets d'une discipline différente de la leur sur l'axe de volume global de capital (0.566). Ainsi, ils ne possèdent pas seulement une structure de capital basée sur la détention de ressources scientifiques, mais aussi un volume global de capital élevé. La distance entre ces professeurs et ceux qui ont un degré d'interdisciplinarité modérée et forte est presque suffisante pour indiquer une différence notable, avec un écart de 0.48 pour les premiers et de 0.461 pour les seconds. Pour les biologistes, la pratique ponctuelle de l'interdisciplinarité est donc un facteur de distinction dans l'espace, contrairement aux recours plus fréquents qui ne confèrent pas d'accès aux ressources scientifiques.

La pratique de l'interdisciplinarité à une fréquence modérée chez les chimistes favorise fortement une structure du capital basé sur le pouvoir temporel plutôt que sur les ressources scientifiques. Sur l'axe horizontal, les écarts sont notables entre l'interdisciplinarité modérée et l'interdisciplinarité faible (0.653) de même qu'avec l'interdisciplinarité forte (0.571). En revanche, on ne note pas de différence significative entre les professeurs participant à des projets hors de leur discipline et ceux qui ne le font pas du tout (0.411). Contrairement à la biologie, rien ne distingue les professeurs de chimie sur l'axe vertical, ce qui montre que l'interdisciplinarité n'est pas un enjeu de distinction en termes de volume de ressources pour ces derniers.

En résumé, la projection du degré d'interdisciplinarité montre d'abord que le fait d'être requérant pour des projets d'une autre discipline à une fréquence modérée est surtout une pratique du pôle *hétéronome* de l'espace, et ce pour les deux disciplines. Chez les professeurs de biologie uniquement, l'interdisciplinarité est une caractéristique du pôle *autonome* de l'espace qui favorise aussi un volume

élevé de capital spécifique à l'espace, et paraît ainsi comme une pratique reliée aux positions dominantes de l'espace lorsqu'elle est pratiquée ponctuellement.

Pour l'année 2000, les distances entre les différents degrés d'interdisciplinarité sont beaucoup plus faibles, ce qui indique que la fréquence à laquelle les professeurs sont requérants dans des projets en dehors de leur discipline crée tendanciellement moins de distinction qu'en 1980. Pour les professeurs de biologie, il n'existe aucune différence significative entre les coordonnées des modalités ni selon la structure, ni selon le volume du capital. En revanche, l'interdisciplinarité pratiquée à une fréquence modérée continue de distinguer les professeurs de chimie, mais selon une logique différente qu'en 1980. Les chimistes qui ont un degré modéré sont situés dans le pôle *autonome* de l'espace. Ils se distancient des professeurs qui ne sont pas du tout interdisciplinaires en termes de structure du capital (0.64), en étant mieux dotés en capital scientifique. L'interdisciplinarité modérée semble cependant peu valorisée chez les chimistes puisqu'elle concerne des professeurs situés au bas de l'espace, c'est-à-dire dans la fraction des professeurs peu dotés en capital. La distance qui les sépare des professeurs ayant un degré faible (0.449) et fort (0.397) n'est pas significative sur l'axe de volume global de capital. Elle l'est presque avec ceux qui ne sont pas interdisciplinaires du tout (0.485), ce qui indique que les professeurs de chimie qui collaborent de façon récurrente dans des projets hors de leur discipline sont ceux qui sont les moins bien dotés en ressources en général.

Ainsi, la généralisation des pratiques interdisciplinaires dans la période récente semble avoir des effets différenciés en fonction des deux disciplines. En biologie, l'interdisciplinarité faible était une marque de distinction pour les professeurs de 1980 en étant reliée aux positions dominantes en termes de volume de capital et de ressources scientifiques. Tant qu'elle reste ponctuelle, la pratique interdisciplinaire semble agir comme une ressource venant renforcer un volume de capital déjà élevé. En 2000, elle n'est plus une ressource particulière, peut-être parce que les pratiques interdisciplinaires se sont généralisées à l'ensemble de la discipline. En chimie, l'interdisciplinarité modérée est devenue, en 2000, une pratique associée aux positions dominées de l'espace et aussi les plus internationalisées. Dans ce cas, il semble qu'elles agissent comme une ressource permettant aux professeurs d'acquérir de la crédibilité dans le but de combler un déficit de ressources spécifiques. Pour confirmer ces interprétations, il est nécessaire de déterminer dans *quels projets* et *avec qui* ces collaborations prennent forme. La discipline des projets et la discipline des co-requérants peuvent en effet renseigner sur l'importance du statut de la discipline des collaborations pour les professeurs de biologie et de chimie.

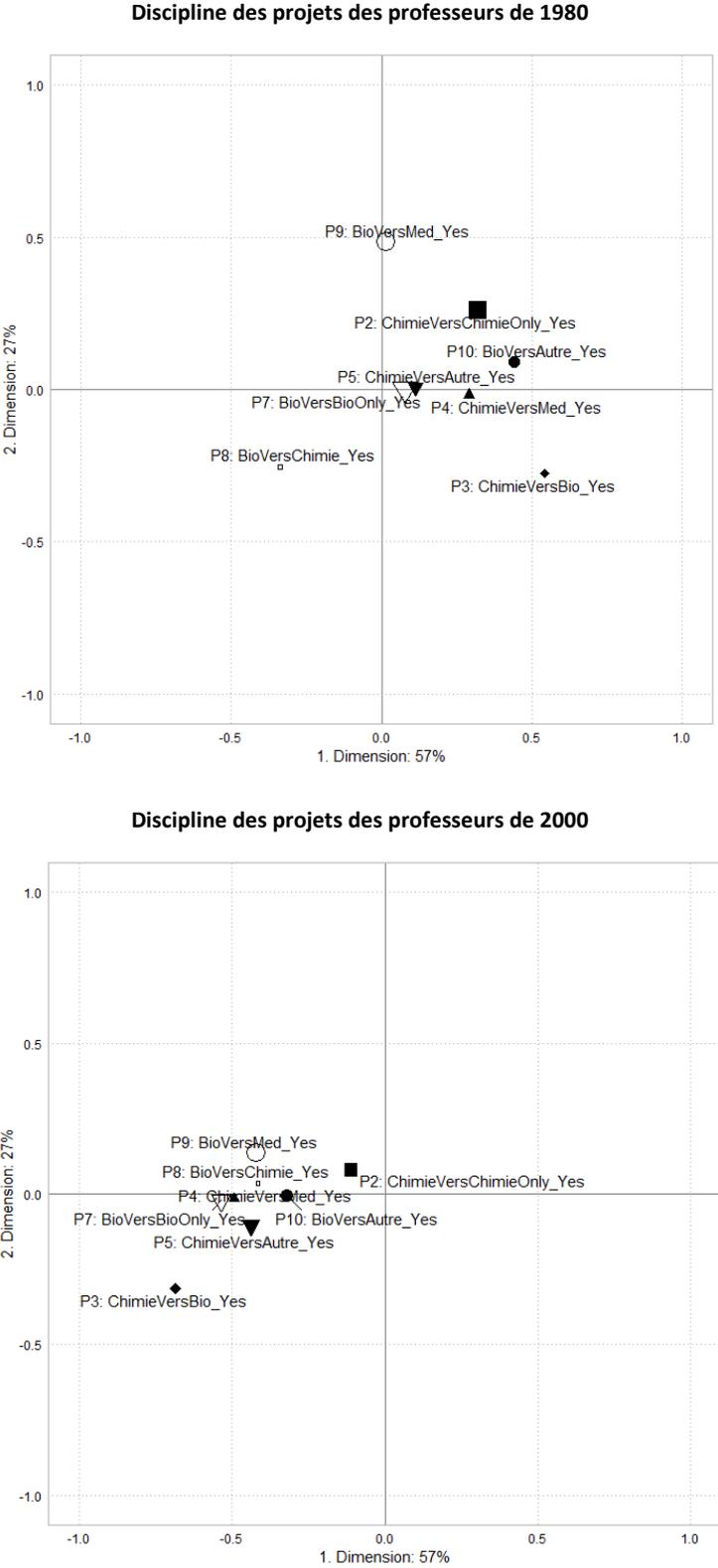
D'abord, nous présentons la distribution dans l'espace des disciplines des projets et les disciplines des co-requérants. A la fin de ce chapitre, nous reviendrons sur leur association avec les différents profils des professeurs. Il sera ainsi possible de comprendre quelles sont les disciplines qui participent à renforcer la position dominante des professeurs de biologie et dans quelle mesure les professeurs de chimie collaborent avec des disciplines occupant des positions élevées dans la hiérarchie des sciences, ce qui confirmerait l'hypothèse d'une stratégie visant à combler un manque de ressources spécifiques.

4.2.2 Projection des disciplines des projets

Nous présentons maintenant le croisement de la discipline des projets avec celle des professeurs. En prenant compte uniquement de la distance entre les modalités *Oui* et *Non* de chacune de ces variables binaires, c'est-à-dire les professeurs ayant été co-requérants d'un projet d'une discipline donnée *versus* ceux qui ne l'ont jamais fait, on ne trouve que deux cas pour lesquels l'écart est significatif, tous deux concernant les professeurs de biologie de 1980. Les professeurs de biologie participant à au moins un projet en chimie se situent plus à gauche sur l'axe de structure du capital de 0.551 point que ceux qui ne le font pas. Sur l'axe de volume global de capital, les professeurs de biologie participant à au moins un projet en médecine se distancient de ceux qui ne le font pas de 0.526 point vers le nord

de l'axe. Cela signifie que les collaborations dans des projets en chimie permettent aux professeurs de biologie d'augmenter significativement leur capital scientifique par rapport aux autres, et que la participation aux projets en médecine est le fait de professeurs possédant un volume global de capital élevé. La figure 5.19 montre la distribution de la discipline des projets dans l'espace des professeurs.

Figure 5.19 Projection de la discipline des projets pour 1980 et 2000



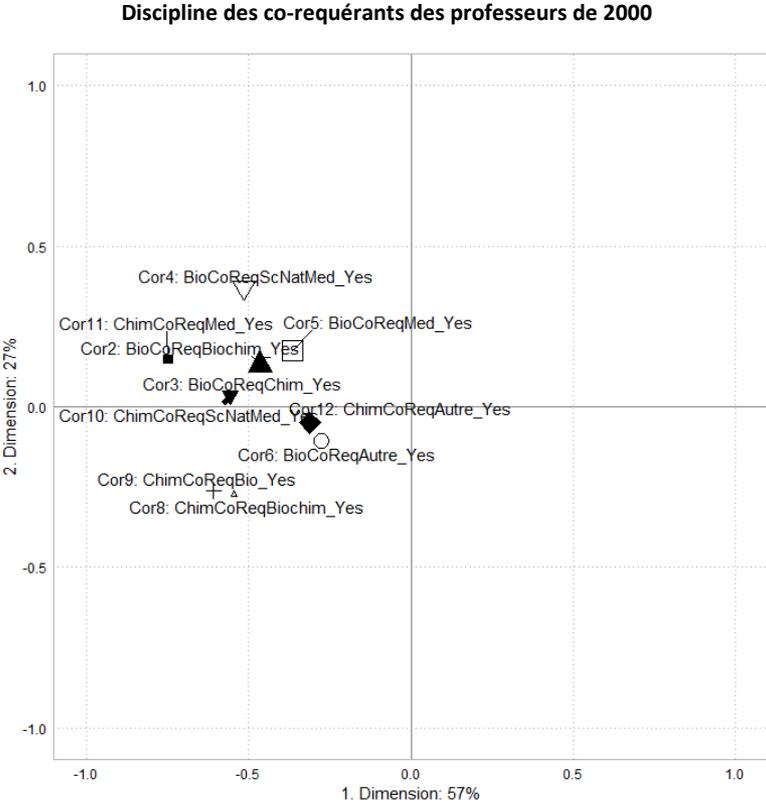
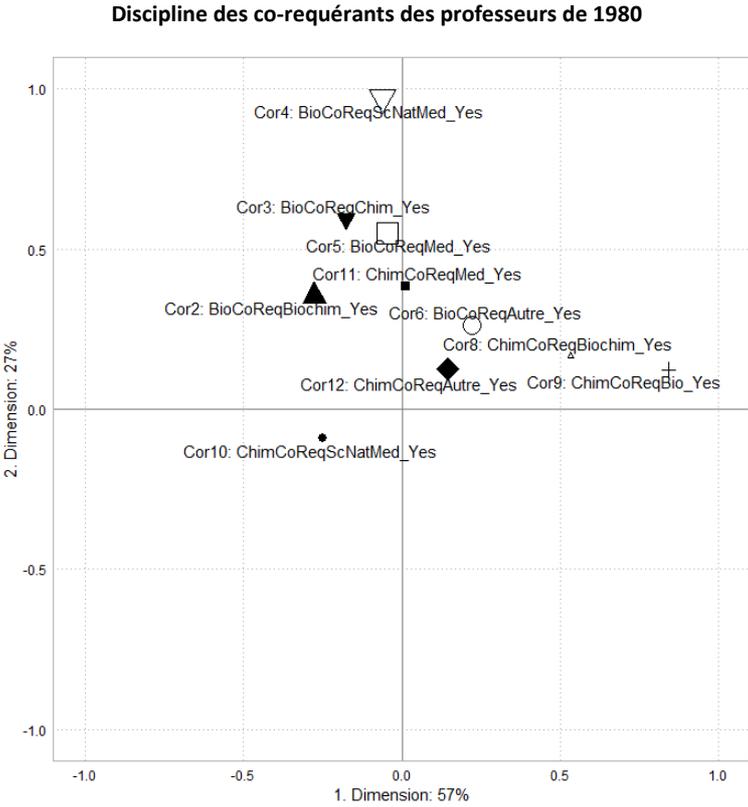
En 1980, ces biologistes requérants dans des projets en chimie se distinguent des biologistes requérants de projets d'autres disciplines (0.778) par une structure du capital largement basée sur les ressources scientifiques plutôt qu'institutionnelles, mais pas de ceux qui le sont dans des projets en médecine (0.353). Ils se distinguent par contre de ces derniers sur l'axe de volume global de capital en étant largement moins dotés en ressources que les professeurs de biologie co-requérants de projets en médecine (0.738). Du côté des professeurs de chimie, la seule distinction notable oppose les chimistes qui ont été co-requérants d'au moins un projet en biologie des chimistes qui n'ont jamais été requérants de projets autres que de chimie, les premiers étant moins dotés en volume global de capital que les seconds (0.537). Ce résultat, qui montre que la biologie n'est pas considérée comme une ressource par les professeurs de biologie, semble confirmer une forme de rejet de la part des chimistes de la biologie marquée à cette période par l'affirmation de la biologie moléculaire et de la biochimie dans le champ académique (Strasser 2002, Hafner 2011).

En 2000, la distinction entre les disciplines des projets est beaucoup moins marquée. On ne note aucune distance notable entre les coordonnées concernant les professeurs de biologie. La seule distance entre deux modalités excédant 0.5 concerne les professeurs de chimie, en distinguant ceux qui ont été requérants d'au moins un projet en biologie et les professeurs de chimie n'ayant été requérants qu'en chimie (0.574). On retrouve ici cette particularité de la chimie déjà mentionnée auparavant, concernant le degré d'interdisciplinarité élevé des professeurs de chimie industrielle et analytique dans la période récente, ainsi qu'une petite augmentation de la fréquence des collaborations interdisciplinaires pour les professeurs de chimie organique. Dans l'espace, ces professeurs qui participent aux projets en biologie se distinguent des autres en termes de structure du capital, davantage axée sur les ressources scientifiques que les chimistes exclusivement disciplinaires.

4.2.3 Projection des disciplines des co-requérants

Le deuxième set d'indicateurs relatifs aux disciplines des collaborations est basé sur la discipline des co-requérants. Encore une fois, la stratégie a été de regrouper la discipline des co-requérants avec celle des professeurs. Chaque professeur est ainsi qualifié par le fait d'avoir *au moins une fois* collaboré dans un projet avec un autre membre de l'élite académique des disciplines suivantes : biochimie, biologie, chimie, sciences naturelles médicales et autres disciplines. Comme pour la discipline des projets, les modalités sont plus distantes les unes des autres dans l'espace des professeurs pour la cohorte de 1980 que pour celle de 2000. En considérant la distance entre les modalités *Oui* et *Non* de ces variables binaires, les professeurs de biologie se distinguent par le fait d'avoir ou non collaboré avec des professeurs d'autres disciplines dans quatre cas sur cinq. Pour la chimie, une seule discipline est notablement distinctive. Ceux qui ont collaboré avec des biologistes possèdent une structure de capital davantage basée sur les ressources temporelles plutôt que scientifiques comparé à tous les autres chimistes (0.653). Les professeurs de biologie ayant collaboré avec des professeurs de biochimie se distinguent des autres par une structure du capital majoritairement scientifique (0.512). Sur l'axe de volume global de capital, les professeurs de biologie possèdent un volume de capital supérieur lorsqu'ils ont collaboré avec des professeurs de médecine (0.519), de chimie (0.536) et surtout de sciences naturelles médicales (0.985). La figure 5.20 montre la projection dans l'espace de la discipline des co-requérants des professeurs de biologie et de chimie en 1980.

Figure 5.20 Projection de la discipline des co-requérants pour 1980 et 2000



En 1980, les chimistes qui collaborent avec des professeurs de biologie se distinguent dans la structure de leur capital par rapport à tous les autres cas, exception faite de la biochimie, en possédant

davantage de capital institutionnel que par le biais de collaborations avec des professeurs d'autres disciplines (0.696), de médecine (0.830) et de sciences naturelles médicales (1.090). On note aussi une distinction importante dans la structure du capital des chimistes entre les professeurs collaborant avec des biochimistes et les professeurs collaborant avec des professeurs de sciences naturelles médicales (0.782), les seconds étant mieux dotés en capital scientifique que les premiers. On ne peut en revanche relever aucune distinction particulière le long de l'axe de volume global de capital pour les professeurs de chimie. C'est l'inverse pour les professeurs de biologie, pour lesquels la discipline des co-requérants est distinguante pour le volume global de capital mais pas pour la structure du capital. Les professeurs de biologie ayant collaboré avec des professeurs de sciences naturelles médicales possèdent un volume global de capital supérieur aux professeurs ayant collaboré avec des professeurs de biochimie (0.618) et davantage encore que les professeurs ayant collaboré avec des professeurs d'autres disciplines (0.710).

En 2000, la distinction basée sur la structure du capital a complètement disparu pour les deux disciplines. C'est également le cas de la distinction basée sur le volume global de capital si l'on compare à l'intérieur des disciplines. La seule distance notable entre les modalités concerne les professeurs de biologie ayant collaboré avec des professeurs de sciences naturelles médicales qui possèdent un volume global de capital supérieur aux professeurs de chimie ayant collaboré avec des professeurs de biologie (0.633) et de biochimie (0.643).

Les distances entre les modalités de l'interdisciplinarité ont montré comment les professeurs se distinguaient dans l'espace en fonction de la fréquence à laquelle ils sont co-requérants de projets d'autres disciplines, de la discipline des projets et de la discipline des co-requérants. De manière générale, les différences sont beaucoup moins marquées en 2000 qu'en 1980. Concernant le degré d'interdisciplinarité, nos résultats montrent que le fait d'être co-requérant pour des projets d'une autre discipline à une fréquence modérée est surtout une pratique du pôle *hétéronome* de l'espace, alors que l'interdisciplinarité plus ponctuelle est une caractéristique du pôle *autonome* de l'espace, ceci étant surtout valable pour les professeurs de 1980. Pour cette même cohorte, l'interdisciplinarité faible semble caractéristique des positions dominantes de l'espace en biologie. Pour les professeurs de biologie, la discipline des projets joue un rôle pour le volume et la structure du capital en 1980. Les projets en médecine augmentent le volume global de capital et les projets en chimie augmentent le capital scientifique face au capital institutionnel. La discipline des co-requérants joue aussi en 1980, les sciences naturelles médicales augmentant le volume global de capital et la biochimie favorisant le capital scientifique plutôt que temporel. Pour les professeurs de chimie en 1980, la discipline des projets a une influence sur le volume de capital (les projets en biologie baissent le volume global) et la discipline des co-requérants un impact sur la structure du capital (la biologie et la biochimie confèrent davantage de capital institutionnel que scientifique). En 2000, seul le cas des professeurs de chimie révèle une distinction significative, les projets en biologie renforçant le capital scientifique par rapport au capital institutionnel.

Dans cette partie, nous avons pu montrer comment la fréquence et la discipline des collaborations pouvaient favoriser l'accès aux positions dominantes pour les biologistes, surtout lorsqu'elles sont effectuées de manière ponctuelle et dans le domaine de la médecine. Les chimistes peuvent renforcer leur capital scientifique en collaborant avec la biologie, bien que ce type de collaboration ne leur confère pas un volume global de capital supplémentaire. Pour conclure sur les liens entre interdisciplinarité, capital social et disciplines, la dernière partie de ce chapitre cherche à comprendre comment ces indicateurs sont reliés à des configurations spécifiques de capitaux, mesurées par les quatre types de profils des professeurs.

4.3 Interdisciplinarité, capital social et profils des professeurs

Au vu du nombre important de variables catégorielles utilisées pour définir l'interdisciplinarité et le capital social des professeurs, nous avons mené une analyse de la distribution des modalités des variables dans les types de profils. Le principe est de déterminer lesquelles sont sur- ou sous-représentées dans chacun des types en comparaison de la moyenne générale. Nous répétons ainsi exactement la même procédure que lorsque nous avons cherché à qualifier les profils par la temporalité, les variables sociodémographiques et les disciplines dans le chapitre précédent, en utilisant cette fois les modalités de l'interdisciplinarité et du capital social¹⁸⁰.

L'objectif poursuivi ici est de mettre en relation les résultats de l'analyse des collaborations scientifiques et ceux de l'ACM du chapitre précédent. Le nombre de projets, le montant des financements et la fonction occupée dans les projets sont définis comme des dimensions supplémentaires du capital scientifique mesuré par les modalités actives de l'ACM. Si un fort volume de capital scientifique mesuré par ces trois dimensions est statistiquement corrélé avec un profil lui-même caractérisé par un fort volume de capital scientifique (les *scientifiques consacrés* et les *faiseurs de science*), alors les ressources pour faire de la recherche acquises par le biais des projets FNS renforcent le prestige scientifique et la position dominante des professeurs de ces clusters. Si, par contre, elles sont affiliées aux deux autres profils, cela signifierait que les ressources issues des collaborations vont compenser un déficit de capital scientifique (*outsiders locaux*) ou venir compléter des ressources scientifiques essentiellement acquises à l'international (*scientifiques importés*). Le même raisonnement est appliqué aux modalités du capital social (centralité de degré, d'intermédiarité et de vecteur propre) et de l'interdisciplinarité (fréquence des collaborations interdisciplinaires, discipline des co-requérants et discipline des projets).

Dans les deux parties qui suivent, nous présentons les résultats basés sur la valeur-test pour chaque modalité pour laquelle celle-ci est égale ou supérieure à 2, c'est-à-dire une p-value supérieure ou égale à 0.05. Les résultats complets ainsi que la répartition de l'ensemble des modalités dans les quatre profils sont présentés dans les annexes 6.6.1 et 6.6.2. Pour les deux cohortes, au moins une modalité relative à chaque dimension – capital scientifique, capital social et interdisciplinarité – est significative. L'analyse montre des différences entre les cohortes, notamment du point de vue des disciplines des collaborations qui jouent un rôle plus important que leur fréquence.

4.3.1 La caractérisation des profils des professeurs de 1980

S'agissant d'abord des professeurs de 1980, les modalités surreprésentées dans les profils sont liées au nombre de projets, au montant des financements ainsi qu'à la fonction occupée pour le capital scientifique, aux trois indicateurs de centralité pour le capital social et à la fréquence des collaborations interdisciplinaires, à la discipline des co-requérants en général ainsi qu'à la discipline des projets et des co-requérants pour les professeurs de biologie. Le tableau 5.7 présente la proportion des individus caractérisés par les modalités en fonction des quatre types de profils ainsi que la distribution des modalités dans la cohorte de 1980 (en %).

¹⁸⁰ A titre de complément illustratif, on trouvera dans l'annexe 6.5 la projection des trois dimensions du capital social dans l'espace des professeurs.

Tableau 5.7 Répartition des modalités dans les quatre types de profils (1980)

Dimension	Modalité	Scientifiques consacrés N=68 (23.05%)	Faiseurs de science N=85 (28.8%)	Scientifiques importés N=45 (15.25%)	Outsiders locaux N=97 (32.8%)	
		% colonne par fraction				Colonne total
Capital scientifique	Nombre de projets					
	(0,4]	16.2	17.7	13.3	29.9	20.7
	(13,43]	32.4	22.4	26.7	9.3	21.0
	Montant des financements					
	Lowest	10.3	17.7	11.1	28.9	18.6
	High	30.9	10.6	22.2	8.3	16.3
	Highest	20.6	27.1	15.6	6.2	16.9
	Fonction occupée					
	Plutôt principale	47.1	43.5	55.6	30.9	42.0
	Capital social	Centralité de degré				
Deg_Low--		19.1	21.2	13.3	30.9**	22.7
Deg_High++		29.4	24.7	26.7	7.2	20.3
Centralité d'intermédiarité						
Betw_High+		30.9	17.7	28.9	13.4	21.0
Centralité de vecteur propre						
Eigen_Low--		16.2	20.0	13.3	29.9	21.4
Eigen_High++	32.4**	24.7	24.4	9.3	21.4	
Interdisciplinarité	Fréquence des collaborations interdisciplinaires					
	Interdisc_Faible	23.5b	18.8	26.7c	8.3	17.6
	Discipline des co-requérants (général)					
	CoReq_Chimie_Yes	32.4	23.5	17.8	18.6	23.1
	CoReq_Med_Yes	10.3	17.7	6.7	7.2	10.8
	Discipline des projets					
	BioVersMed_Yes	27.9	28.2	20.0	15.5	22.7
	Discipline des co-requérants					
	BioCoReqSc.Nat.Med_Yes	16.2	12.9	0	5.2	9.2
	BioCoReqMed_Yes	8.8	15.3	4.4	6.2	9.2
ChimCoReqSc.Nat.Med_Yes	0	1.2	6.7	1.0	1.7	

Les modalités dont la valeur-test est égale ou supérieure à 2 sont en **gras**. Les coefficients suivis de * indiquent que la modalité est surtout significative pour les professeurs de biologie. Les coefficients suivis de ** indiquent que la modalité est surtout significative pour les professeurs de chimie. Les coefficients suivis de b indiquent que la modalité est uniquement significative pour les professeurs de biologie. Les coefficients suivis de c indiquent que la modalité est uniquement significative pour les professeurs de chimie. Les coefficients en *italique* indiquent que la variable est associée à sa modalité : Non.

Les *scientifiques consacrés* concentrent les ressources de tous les types par le cumul des capitaux scientifique, temporel et social. Ils sont caractérisés par un nombre maximal de projets ainsi qu'un montant total de financements élevé. Les professeurs détenant un fort capital social sont particulièrement surreprésentés au sein de cette classe qui détient le volume global de capital le plus élevé parmi les professeurs de 1980. Ils possèdent le degré et l'autorité maximale ainsi qu'une centralité d'intermédiarité forte. La fréquence à laquelle les professeurs sont requérants dans des projets d'une autre discipline ne joue pas de rôle déterminant pour ce premier type incarnant les positions dominantes de l'espace, mais le fait d'avoir des co-requérants en chimie ainsi que, pour les biologistes, de collaborer avec des professeurs de sciences naturelles médicales favorise l'appartenance au cluster.

Les *faiseurs de science* constituent le type illustratif de la fraction la plus *autonome* de l'espace et caractérisée par une détention élevée de capital scientifique plutôt qu'institutionnel. Ce capital scientifique est renforcé par les ressources issues des collaborations par projets du FNS en termes de montants des financements de projets qui sont particulièrement élevés pour ce type de profil. Les faiseurs de science ne se définissent pas par une détention particulièrement marquante de capital

social, mais par le fait de collaborer avec des professeurs de médecine, a fortiori pour les professeurs de biologie.

Les *scientifiques importés* sont parmi les professeurs les plus internationalisés. S'ils sont majoritairement des requérants principaux dans les projets, aucune des autres modalités du capital scientifique relié aux réseaux de collaboration n'est surreprésentée dans cette classe. Les professeurs de chimie avec une fréquence d'interdisciplinarité faible y sont très présents, de manière significative lorsqu'il s'agit de collaborations avec les sciences naturelles médicales.

Enfin, les *outsiders locaux* regroupent les professeurs les moins dotés en ressources et sont représentatifs de l'échelon le plus bas de la hiérarchie des profils en termes de pouvoir académique. Ce type est caractérisé par le nombre de projets et le montant des financements les plus faibles. Leur capital social est également particulièrement bas, en particulier en termes de centralité de degré et d'autorité. Du point de vue des disciplines de collaboration, la médecine est sous-représentée pour les biologistes de ce type de profil, alors qu'elle est surreprésentée dans les deux types dominants que sont les *scientifiques consacrés* et les *faiseurs de science*.

On note ici un point important qui distingue les profils des professeurs : l'importance jouée par les collaborations avec la médecine et les sciences naturelles médicales. De manière générale, le fait d'avoir collaboré avec des professeurs de médecine favorise l'appartenance au cluster des *faiseurs de science*, en particulier pour les biologistes. Les collaborations avec les sciences naturelles médicales n'ont pas le même impact qu'il s'agisse des professeurs de biologie ou de chimie. Pour les premiers, le fait d'avoir eu des co-requérants de cette discipline favorise l'accès aux positions les mieux dotées en capital scientifique et temporel. Dans le cas de la chimie, elles interviennent pour les professeurs les plus internationalisés. Enfin, les professeurs les moins bien dotés en ressources ne collaborent pas dans des projets en médecine. Puisque le degré d'interdisciplinarité reste faible dans tous les cas, on peut faire l'hypothèse que ce n'est pas le nombre ou la fréquence des collaborations qui importe le plus, mais d'abord la discipline des collaborations. Le volume de capital social est également un facteur clé pour distinguer les positions dominantes des dominées, en tout cas en ce qui concerne les profils les moins internationalisés (les *scientifiques consacrés* d'un côté et les *outsiders locaux* de l'autre).

4.3.2 La caractérisation des profils des professeurs de 2000

En 2000, les modalités surreprésentées concernent le nombre de projets et le montant des financements pour le capital scientifique, les trois indicateurs du capital social et la fréquence des collaborations interdisciplinaires, la discipline des co-requérants en général et la discipline des projets et des co-requérants pour les professeurs de chimie. Le tableau 5.8 présente la proportion des individus caractérisés par les modalités en fonction des quatre types de profils ainsi que la distribution des modalités dans la cohorte de 2000 (en %).

Tableau 5.8 Répartition des modalités dans les quatre types de profils (2000)

Dimension	Modalité	Scientifiques consacrés N=46 (13.45%)	Faiseurs de science N=143 (41.8%)	Scientifiques importés N=97 (28.4%)	Outsiders locaux N=56 (16.4%)	Colonne total
		% colonne par fraction				
Capital scientifique	Nombre de projets					
	(0,9]	19.6	23.8	24.7	39.3	26.0
	(13,19]	39.1	22.4	24.7	16.1	24.3
	Montant des financements					
	Lowest	13.0	15.4	12.4	37.5	17.8
Capital social	Centralité de degré					
	Deg_Low--	21.7	28.7	13.4	41.1*	25.4
	Deg_Low-	17.4	20.3	32.0*	23.2	23.7
	Centralité d'intermédiarité					
	Betw_High++	23.9	23.8	32.0c	14.3	24.6
	Centralité de vecteur propre					
	Eigen_Low--	21.7	25.2	12.4	44.6*	24.3
	Eigen_Low-	15.2	25.2	34.0*	14.3	24.6
Interdisciplinarité	Fréquence des collaborations interdisciplinaires					
	Interdisc_Faible	39.1b	28.7	30.1	26.8	30.4
	Discipline des co-requérants (général)					
	CoReq_Biologie_Yes	41.3	25.9	34.0	16.1	28.7
	Discipline des projets					
	ChimieVersBio_Yes	4.4	4.2	14.4	1.8	6.7
Discipline des co-requérants						
	ChimCoReqBiologie_Yes	6.5	2.1	9.3	1.8	4.7

Les modalités dont la valeur-test est égale ou supérieure à 2 sont en **gras**. Les coefficients suivis de * indiquent que la modalité est surtout significative pour les professeurs de biologie. Les coefficients suivis de ** indiquent que la modalité est surtout significative pour les professeurs de chimie. Les coefficients suivis de b indiquent que la modalité est uniquement significative pour les professeurs de biologie. Les coefficients suivis de c indiquent que la modalité est uniquement significative pour les professeurs de chimie. Les coefficients en *italique* indiquent que la variable est associée à sa modalité : Non.

D'une manière générale, deux points importants peuvent être soulignés dans les relations entre le capital scientifique, l'interdisciplinarité et les profils pour les professeurs de 2000. Premièrement, le capital social est moins fortement associé à certaines configurations spécifiques de capitaux qu'en 1980, exception faite du cas des *scientifiques importés*. Deuxièmement, la biologie a pris la place de la médecine en tant que discipline ressource dans les collaborations.

En 2000, le pouvoir académique des *scientifiques consacrés* n'est plus lié au cumul d'un fort capital social et du capital scientifique issus des collaborations. Ce ne sont plus ceux qui obtiennent le plus de projets ni d'importants financements, comme c'était encore le cas en 1980. En fait, le capital scientifique mesuré par le nombre de projets et le montant des financements n'est plus un indicateur aussi fort de l'appartenance aux profils que pour la cohorte des professeurs de 1980. Trois modalités sont surreprésentées chez les *scientifiques consacrés* : un nombre de projets obtenus allant de 13 à 19, ce qui correspond au troisième quartile, un faible degré d'interdisciplinarité pour les professeurs de biologie et le fait d'avoir collaboré avec des professeurs de biologie. On peut relever une différence importante avec 1980 du point de vue des disciplines. Alors que c'étaient les collaborations avec la médecine et la chimie qui étaient associées à cette première forme dominante de pouvoir académique, c'est maintenant la biologie qui joue un rôle important.

Les *faiseurs de science* ne sont qualifiés par aucune modalité en particulier, impliquant une plus forte hétérogénéité des ressources à l'intérieur de ce type qu'à l'intérieur des autres.

L'appartenance au profil des *scientifiques importés* est bien plus liée à la distribution du capital social et la discipline des collaborations qu'elle n'avait pu l'être auparavant. S'ils ne se distinguent pas particulièrement en termes de capital scientifique, ils possèdent par contre une structure de capital social particulière, avec des centralités de degré et de vecteur propre faibles, mais une forte intermédiarité. En d'autres termes, il semblerait que le pouvoir des professeurs internationaux ne soit pas corrélé à la taille de leur réseau ni à leur connectivité, mais à la position de pont qu'ils occupent au sein du réseau des collaborations. Cette dernière remarque est surtout valable pour les professeurs de chimie pour lesquels le capital social passe d'abord par l'occupation de positions de points de passage dans le réseau plutôt que par la taille de leur réseau. C'est dans ce profil que l'on retrouve une surreprésentation des professeurs de chimie collaborant dans des projets en biologie ou avec des co-requérants en biologie. Il apparaît ainsi que les chimistes qui ont le plus tendance à collaborer avec la biologie sont aussi les plus internationaux. Ces collaborations de professeurs occupant une place dominée dans l'espace avec une discipline mieux positionnée peuvent être interprétées comme une stratégie de compensation face à un manque de ressources. En se positionnant comme des ponts dans le réseau tout en gardant un réseau peu étendu, ces professeurs deviennent également des ressources pour les biologistes ayant besoin d'intégrer des chimistes dans leurs projets.

Enfin, les *outsiders locaux* sont toujours reliés au nombre de projets et aux financements les plus faibles. Ce sont aussi les professeurs qui possèdent le capital social le moins élevé, en particulier en ce qui concerne les professeurs de biologie. Du point de vue de la discipline des collaborations, les professeurs qui ne prennent pas part aux projets en biologie sont surreprésentés au sein de ce type. Ils sont donc caractérisés par l'absence de liens avec la discipline dominante de la période, comme c'était déjà le cas des professeurs de 1980 avec la médecine.

Pour la fraction dominante de l'espace, les collaborations interdisciplinaires peuvent remplir un rôle de renforcement de leur position, tant qu'elles restent ponctuelles. On retrouve ici l'idée d'un seuil au-delà duquel les collaborations interdisciplinaires ne fonctionnent plus comme une ressource (Larivière & Gingras 2010). Celles-ci sont d'autant plus opérantes lorsqu'elles sont effectuées par des professeurs de biologie avec des professeurs de sciences naturelles médicales, ou de manière générale lorsque les projets contiennent des co-requérants en chimie ou en médecine. La médecine clinique agit comme une discipline ressource pour les *faiseurs de science* majoritairement caractérisés par une structure du capital basée sur les ressources scientifiques et caractéristique des professeurs de biologie moléculaire, alors que les sciences naturelles médicales sont plutôt reliées aux *scientifiques consacrés* qui détiennent le capital global le plus élevé et au sein desquels les professeurs de biologie II de l'échelle micro sont surreprésentés.

Ainsi, la pratique intensive de l'interdisciplinarité, de même que l'absence d'interdisciplinarité, semblent davantage liées à des logiques disciplinaires qu'à des positions dans l'espace. En effet, l'interdisciplinarité fréquente est associée aux sciences naturelles médicales, et ce pour les deux cohortes malgré un changement de statut de ces dernières vers une plus grande autorité scientifique en 2000. L'absence d'interdisciplinarité est associée au domaine de la chimie inorganique et physique, et ce également pour les deux cohortes. L'interdisciplinarité modérée n'est pas une modalité typique d'une certaine configuration de ressources, mais elle est distinguante pour les professeurs de chimie du pôle *hétéronome* de l'espace en 1980 et pour les professeurs de chimie du pôle *autonome* de l'espace en 2000. Elle semble donc d'abord liée à des logiques de reproduction de la discipline reliées aux pouvoirs temporels (Bourdieu 1997 : 28), puis se déplace vers des logiques de reconnaissance et de prestige liées au capital scientifique. L'interdisciplinarité ponctuelle propose des caractéristiques à première vue contradictoires. Elle apparaît comme associée aux positions dotées d'un fort volume global de capital pour les professeurs de 1980 et, en termes de profils, elle est caractéristique des

professeurs de chimie du type *scientifiques importés* en 1980 et des biologistes du type *scientifiques consacrés* en 1980 comme en 2000. L'effet d'une interdisciplinarité pratiquée de manière ponctuelle semble donc répondre à une stratégie différente selon la discipline. Pour les professeurs de biologie, la collaboration avec d'autres professeurs de sciences naturelles médicales participe à renforcer le statut dominant de la discipline, en particulier dans le cas des professeurs de biologie II du type des *scientifiques consacrés*. Cette pratique se combine avec une détention de capital scientifique (en termes de nombre de projets et de montants des financements) et de capital social des trois types particulièrement élevée. Ce cumul des capitaux est surtout caractéristique des professeurs de 1980. En 2000, les biologistes continuent à être co-requérants de projets à une fréquence ponctuelle, mais aucune discipline ne joue véritablement de rôle de renforcement de leur capital.

Pour les professeurs de chimie fortement internationalisés, cette interdisciplinarité ponctuelle semble plutôt témoigner d'une stratégie visant à combler un manque de crédibilité scientifique face aux biologistes, mais peut-être aussi face aux professeurs de chimie bénéficiant d'une plus forte autorité sur le plan national. Le fait que les rares professeurs de chimie pratiquant l'interdisciplinarité en 1980 le font en tant que requérants plutôt principaux indique une stratégie visant, par l'intégration de co-requérants de sciences naturelles médicales, à bénéficier non seulement de la crédibilité de la discipline mais aussi de sa position fortement intermédiaire dans le réseau des collaborations. Nous avons aussi relevé que ce type de collaboration participait à augmenter significativement le capital scientifique des professeurs de chimie et, donc, à leur procurer une plus grande crédibilité. En 2000, ces professeurs de chimie fortement internationalisés continuent à pratiquer l'interdisciplinarité, mais cette fois avec des professeurs de biologie. Alors qu'ils possèdent un petit réseau peu connecté aux projets très connectés, ils se sont eux-mêmes positionnés en tant que ponts dans le réseau et l'on peut faire l'hypothèse que la logique s'est inversée, c'est-à-dire que ce ne sont plus les professeurs de chimie qui bénéficient des collaborations avec les sciences naturelles médicales, mais que ce sont les biologistes qui tendent à recruter des chimistes. Dans le contexte de l'ouverture des biotechnologies et d'un intérêt encore plus marqué de la part des firmes privées et des autorités politiques pour les produits commercialisables de la discipline, il est tout à fait possible que le recrutement de chimistes, notamment de chimistes industriels, dans les projets en biologie réponde à une demande d'expertise en matière de connaissances dans la production à grande échelle et la commercialisation des produits.

5. L'ancrage disciplinaire de l'interdisciplinarité

Dans ce chapitre consacré aux collaborations scientifiques dans le cadre des projets de recherche financés par le FNS, notre question de recherche générale était la suivante : les ressources acquises au travers des collaborations au sein des projets financés par le FNS confèrent-elles une forme de pouvoir spécifique en termes d'interdisciplinarité et de capital social, qui peut renforcer les positions occupées au sein de l'espace des professeurs de biologie et de chimie ? Pour répondre à cette question générale, nous nous sommes basé sur les données de la base « P3 » du FNS qui renseignent sur l'ensemble des projets de recherche financés depuis 1975 dans le cadre de plusieurs instruments d'encouragement. Les informations contenues dans cette base ont été liées à la base de données « Elites suisses » et nous avons ainsi pu mener une analyse combinant les données du réseau des co-requêtes de projets avec celles que nous possédons sur les professeurs de biologie et de chimie, mais aussi des autres élites académiques.

Trois points de synthèse peuvent être formulés à la fin de ce chapitre qui, dans la poursuite de l'analyse des profils et des carrières des professeurs, a cherché à comprendre les formes et la fréquence des

pratiques interdisciplinaires, et à mettre en lien une analyse du capital social avec celle des autres capitaux plus traditionnellement mobilisés pour l'analyse des champs.

Premièrement, nos résultats montrent qu'il existe une hiérarchie du capital social et que ce dernier se distribue inégalement entre la biologie et la chimie (**Q1**). La taille des réseaux disciplinaires et les positions occupées par les disciplines dans la structure du réseau comprenant l'ensemble des projets ont pu montrer deux logiques distinctes. La biologie apparaît effectivement comme hétérogène et constituée de nombreux petits réseaux locaux ne permettant pas de distinguer la biologie I de la biologie II en termes d'importance reliée à leur position dans le réseau global (Godechot 2010), tant les deux sont peu centrales. La chimie, par contre, possède un réseau plus large et plus connecté à des projets eux-mêmes très connectés, tout en montrant une intermédialité faible ne permettant pas de corroborer l'hypothèse d'une position « au centre » des collaborations disciplinaires (Reinhardt 2002, Baudet 2017), du moins du point de vue de l'ensemble des liens entre les projets pour toutes les disciplines (**Q2**). A plus forte raison, la qualification des liens entre les projets a pu montrer que les projets en chimie sont beaucoup plus facilement reliés à d'autres projets en chimie plutôt qu'à d'autres disciplines, et ce malgré un réseau bien plus étendu que celui de la biologie. Lorsque l'on se penche sur le réseau des professeurs, il apparaît cependant que les professeurs de chimie industrielle et analytique collaborent de manière beaucoup plus fréquente avec d'autres disciplines que les professeurs des autres domaines de la chimie (Morillo et al. 2001). La biologie apparaît comme plus interdisciplinaire que la chimie, notamment par les liens étroits entretenus entre la biologie fonctionnelle, la médecine clinique et les sciences naturelles médicales qui montrent un degré d'intégration important des sciences biologiques et médicales (Chen et al. 2014, Benninghoff et al. 2014).

Le réseau des co-requêtes a aussi été abordé en termes de relations objectives entre les professeurs (De Nooy 2003, Denord 2015), relations dont le type et le volume sont déterminés par la position occupée par ces derniers dans la structure des collaborations. Ce capital social a été mesuré par trois indicateurs : la centralité de degré renseigne sur la taille du réseau local d'un professeur ou d'une discipline, la centralité d'intermédialité indique une importance basée sur l'occupation de positions de pont dans le réseau, et la centralité de vecteur propre renseigne sur l'autorité conférée par le réseau plus étendu, c'est-à-dire le fait d'être très connecté à d'autres projets ou professeurs eux-mêmes très connectés (Borgatti et al. 1998, Leydesdorff 2007, Mercklé 2011). Le réseau des professeurs corrobore les résultats qui ressortent de l'analyse du réseau de l'ensemble des projets : les professeurs de chimie possèdent un réseau d'une envergure plus importante que les professeurs de biologie, et ces derniers sont globalement plus interdisciplinaires (surtout la biologie II) que les professeurs de chimie.

Deuxièmement, en définissant l'interdisciplinarité des professeurs par la fréquence des co-requêtes dans des projets d'une discipline différente de la leur, nous avons pu créer une échelle de *scores* d'interdisciplinarité, dont la distribution révèle l'existence d'un *seuil* au-delà duquel l'interdisciplinarité n'est plus une ressource (Larivière & Gingras 2010) (**Q4**). Nos résultats montrent que les professeurs les plus interdisciplinaires ne sont pas ceux qui détiennent le plus de capital social et ne sont pas non plus les agents les plus dominants de l'espace en termes de volume global de capital. Ils montrent qu'il n'existe pas de lien de corrélation entre le volume de capital social et le degré d'interdisciplinarité, quel qu'en soit le type (Leydesdorff 2007). On constate en fait un effet négatif du capital social sur la fréquence des collaborations hors discipline, mais cet effet est si faible que l'on peut l'interpréter comme inexistant, bien que significatif. Si les liens entre capital social et degré d'interdisciplinarité sont particulièrement faibles (**Q3**), il apparaît que la fréquence à laquelle les professeurs sont co-requérants de projets en dehors de leur discipline dépend principalement de la fonction occupée dans les projets,

les requérants secondaires étant significativement plus interdisciplinaires que les requérants principaux, mais aussi des disciplines.

Celles-ci sont très importantes pour comprendre le rôle des pratiques interdisciplinaires en tant que ressources. En effet, si la fréquence des collaborations n'est que peu déterminante, la discipline des collaborations l'est beaucoup plus. Ces disciplines ressources ont changé avec le temps. En 1980, la médecine joue un rôle déterminant pour l'accès aux positions les plus dominantes, alors que c'est la biologie qui devient la discipline distinguant les profils en 2000. En 1980, avoir des co-requérants en médecine ou en sciences naturelles médicales favorise l'appartenance aux profils dominants (*scientifiques consacrés* et *faiseurs de science*), alors qu'en 2000, le fait d'avoir des co-requérants en biologie est clairement une caractéristique des *scientifiques consacrés*. Les professeurs de chimie de cette même cohorte qui collaborent dans des projets en biologie ou avec des biologistes sont cependant surreprésentés au sein des *scientifiques importés*. La distribution des disciplines des projets et des co-requérants dans l'espace des professeurs montre qu'en 1980, les projets en médecine et les co-requérants en sciences naturelles médicales favorisent un fort volume de capital global pour les professeurs de biologie. Pour ces mêmes professeurs, les projets en chimie et les co-requérants en biochimie favorisent la détention de capital scientifique plutôt que temporel. Pour les professeurs de chimie, les projets en biologie baissent le volume global de capital, mais les co-requérants en biologie et biochimie augmentent le capital scientifique. En 2000, ce sont les projets en biologie qui jouent ce rôle de renforcement du capital scientifique des professeurs de chimie.

Outre le constat d'un certain ancrage disciplinaire de l'interdisciplinarité, c'est-à-dire que certaines disciplines collaborent assez fréquemment avec d'autres (la biochimie, la biologie moléculaire et les sciences médicales), alors que d'autres restent peu enclines à développer des liens vers l'extérieur (la chimie inorganique et physique et la chimie organique), nos analyses soulignent l'importance de considérer la discipline des collaborations en tant que ressource et elles appuient empiriquement la thèse d'une permanence des logiques disciplinaires (Abbott 2001a, Bourdieu 2001, Lamy & Shinn 2006, Marcovich & Shinn 2011, Heilbron & Gingras 2015, Louvel 2015) et réfutent celle de l'avènement du « mode 2 » caractérisé par l'effacement des frontières disciplinaires au profit d'une transdisciplinarité qui caractériserait la période récente (Gibbons et al. 1994, Nowotny et al. 2003).

Troisièmement, ce chapitre a montré comment la notion de capital social et les résultats d'une analyse de réseaux pouvaient être intégrés dans une analyse des champs plus traditionnelle. Alors que Bourdieu définit le capital social comme une ressource liée à l'*habitus mondain* dans le contexte assez spécifique des relations entretenues par certaines fractions des classes dominantes en France (Lenoir 2016), l'analyse des co-requêtes des professeurs s'appuie sur une définition plus hybride des ressources issues des collaborations scientifiques (Mercké 2011), entre un capital scientifique mesuré par le nombre de projets, un capital économique mesuré par le montant des financements et un capital social mesuré par la position occupée dans la structure du réseau des collaborations. Cette définition du capital social permet de mesurer des relations objectives entre les professeurs par l'analyse de réseaux, pour ensuite en intégrer les résultats avec ceux d'une analyse des correspondances multiples menés au chapitre précédent (De Nooy 2003, Bühlmann et al. 2013, Denord 2015). Le croisement de la distribution du capital social avec celle des quatre autres capitaux a pu montrer comment la position occupée dans le réseau des collaborations pouvait être associée à la position occupée dans l'espace des professeurs. Ainsi, le capital social des professeur apparaît, dans une certaine mesure, comme dépendant du volume et de la composition du capital des professeurs, puisqu'il existe une association importante entre la détention de capital social et l'occupation d'une position dominante dans l'espace.

Nous l'avons évoqué, l'interdisciplinarité n'est distinctive que lorsqu'elle est pratiquée de manière ponctuelle et, au-delà de ce seuil, elle n'est pas particulièrement valorisée. Par contre, on constate

que, lorsqu'elle est reliée à certaines positions, elle ne reflète pas la même stratégie (Q5). En comparant le degré d'interdisciplinarité, le volume et le type de capital social et les profils des professeurs, c'est-à-dire les différentes configurations types de capitaux dans l'espace, il apparaît que les pratiques interdisciplinaires répondent à deux logiques différentes en fonction de la discipline des professeurs, mais surtout de leur position dans l'espace reflétant la distribution des capitaux. Une première stratégie consiste à pratiquer l'interdisciplinarité dans le but de multiplier des ressources déjà élevées, cette dernière agissant en renforcement d'une crédibilité déjà acquise et reflétée par une position dominante dans l'espace d'une discipline ou d'un professeur. Ce type de collaborations interdisciplinaires peuvent être définies, de manière assez similaire au capital social chez Bourdieu (1980b, 1989), comme relativement irréductibles aux autres espèces de capital, ici au capital symbolique conféré par l'occupation d'une position dominante dans l'espace, au capital économique des *moyens* de la recherche ainsi qu'au capital scientifique mesuré par le nombre projets, par ailleurs fortement associés au volume de capital scientifique. Une deuxième stratégie peut être mise en place par des agents moins bien dotés en capital dans le but de pallier un manque de ressources spécifiques par l'intégration de co-requérants d'une autre discipline et, ainsi, de bénéficier du prestige d'agents mieux positionnés, ou par l'obtention d'un projet dans une discipline prestigieuse. Dans ce cas, les collaborations interdisciplinaires peuvent être définies en tant que ressources, voire en tant que capital d'interaction générant du capital symbolique directement convertible en capital scientifique (Bottero & Crossley 2011 : 103).

6. Annexes

6.1 Nomenclature de la discipline des projets

Hauptdisziplin	Discipline	15 catégories	8 catégories
Paläontologie	Paléontologie	Biologie I	Biologie I
Tierzucht	Elevage / Zootechnie		
Tropenmedizin	Médecine tropicale		
Allgemeine Biologie	Biologie générale		
Anthropologie, Primatologie	Anthropologie		
Botanik	Botanique		
Oekologie	Ecologie		
Zoologie	Zoologie		
Biologische Grundlagenwissenschaften	Biologie (sciences de base)		
Biochemie	Biochimie	Biologie II	Biologie II
Biophysik	Biophysique		
Embryologie, Entwicklungsbiologie	Embryologie, Biologie du développement		
Experimentelle Mikrobiologie	Biologie expérimentale		
Genetik	Génétique		
Molekularbiologie	Biologie moléculaire		
Strahlenbiologie	Radiobiologie		
Zellbiologie, Zytologie	Biologie cellulaire, cytologie		
Anorganische Chemie	Chimie inorganique		
Organische Chemie	Chimie organique		
Physikalische Chemie	Chimie Physique		
Chemie	Chimie		
Chemische Verfahrenstechnik	Génie chimique		
Rechtswissenschaften	Droit	Droit	Division I
Informatik	Informatique	Informatique	Division II : Autres disciplines
Bildende Kunst	Arts plastiques	Lettres Sciences des religions Sciences historiques et antiquité Arts visuels Histoire de l'art	Division I
Kunstgeschichte	Histoire de l'art		
Angewandte Linguistik	Linguistique		
Musik und Theater	Musique et théâtre		
Musikologie	Musique		
Philosophie	Philosophie		
Schwerpunkt Germanistik und Anglistik	Germanistique et anglistique		
Schwerpunkt Romanistik	Romanistique		
Theater- und Filmwissenschaften	Cinéma et théâtre		
Weitere Sprachen	Langues		
Philosophie, Religions- und Bildungswissenschaften	Philosophie, sciences des religions et sciences de l'éducation		
Sprach- und Literaturwissenschaften	Littérature		
Kirchengeschichte	Histoire de l'Eglise		
Religionswissenschaften, Theologie	Théologie et sciences des religions		
Schweizer Geschichte	Histoire suisse		
Ur- und Frühgeschichte	Préhistoire et Archéologie		
Allgemeine Geschichte (ohne Ur- und Frühgeschichte)	Histoire		
Altertumswissenschaften	Sciences de l'antiquité		
Archäologie	Archéologie		
Archäologie, Ethnologie, Kunstwissenschaften	Archéologie - ethnologie - histoire de l'art		
Geschichtswissenschaften	Sciences historiques		
Mathematik	Mathématiques	Mathématiques	Division II : Autres disciplines
Mathematik, Natur- und Ingenieurwissenschaften	Mathématiques et sciences de la nature et de l'ingénieur		
Humanökologie	Ecologie humaine	Médecine clinique, préventive et sociale	Médecine clinique
Dermatologie	Dermatologie		
Geriatric	Gériatrie		
Gynäkologie	Gynécologie		
Leiden der Knochen und Gelenke	Os et articulations		
Rehabilitation	Rehabilitation		
Sportmedizin	Médecine du sport		
Unfälle	Accidents		
Zahnheilkunde	Médecine dentaire		
Angeborene Gesundheitsstörungen	Troubles congénitaux		
Chirurgie	Chirurgie		
Herz- und Kreislauferkrankungen	Maladies cardiovasculaires		

Herz- und Kreislaufforschung	Maladies cardiovasculaires			
Innere Medizin	Médecine interne			
Klinische Endokrinologie	Endocrinologie clinique			
Klinische Ernährungsforschung	Nutrition (recherche clinique)			
Klinische Herz- und Kreislaufforschung	Maladies cardiovasculaires (recherche clinique)			
Klinische Immunologie und Immunpathologie	Immunologie et Immunopathologie (recherche clinique)			
Klinische Krebsforschung	Recherche contre le cancer (recherche clinique)			
Klinische Medizin	Médecine clinique			
Klinische Pathophysiologie	Pathophysiologie clinique			
Klinische Pharmakologie	Pharmacologie clinique			
Nervenheilkunde, Psychiatrie	Neuropsychiatrie et Psychiatrie			
Ophthalmologie	Ophthalmologie			
Otorhinolaryngologie	Otorhinolaryngologie			
Pädiatrie	Pédiatrie			
Veterinärmedizin	Médecine vétérinaire			
Gruppenmedizin	Médecine groupée ? Médecine de groupe ?			
Orale Präventivmedizin	Médecine préventive (par voie orale)			
Atembeschwerden	Troubles de la respiration			
Krebs	Cancer			
Methoden der Epidemiologie und der Präventivmedizi	Epidemiologie et Médecine préventive (méthodes)			
Psychische Störungen, Psychosomatische Leiden	Troubles psychiques et psychosomatiques			
Stoffwechselstörungen	Troubles du métabolisme			
Suchtkrankheiten	Toxicomanie			
Gesundheitserziehung	Education sanitaire			
Arbeitsmedizin, Ergonomie	Médecine du travail, Ergonomie			
Die Gesundheit und ihre Infrastruktur. Gesundheits	Santé et son infrastructure			
Soziale Pädiatrie	Pédiatrie sociale			
Sozialmedizin	Médecine sociale			
Sozialmedizinische Probleme der Betagten	Médecine sociale (personnes âgées)			
Sozialmedizinische Probleme der Jugend	Médecine sociale (jeunesse)			
Gesundheit	Santé			
Astronomie, Astrophysik und Weltraumforschung	Astronomie, Astrophysique et Recherche spatiale			Physique
Andere Gebiete der Physik	Physique (autres domaines)			
Elementarteilchenphysik	Physique des particules élémentaires			
Kernphysik	Physique nucléaire			
Physik der kondensierten Materie	Physique de la matière condensée			
Plasmaphysik	Physique des plasma			
Technische Physik	Chimie technique			
Theoretische Physik	Chimie théorique			
Physik	Physique			
Andere Gebiete der Erdwissenschaften	Sciences de la terre (autre domaines)			
Geomorphologie	Géomorphologie	Sciences de la terre	Division II : Autres disciplines	
Geochemie	Géochimie			
Geologie	Géologie			
Geophysik	Géophysique			
Mineralogie	Minéralogie			
Paläontologie (Erdw.)	Paléontologie (Sciences de la terre)			
Erdwissenschaften	Sciences de la terre			
Bodenkunde	Pédologie			
Andere Gebiete der Umweltwissenschaften	Sciences de l'environnement (autres domaines)	Sciences de l'environnement		Division II : Autres disciplines
Geochronologie	Géochronologie			
Hydrologie, Limnologie, Glaziologie	Hydrologie, Limnologie et Glaciologie			
Klimatologie, Atmosphärenphysik, Aeronomie	Climatologie, Physique atmosphérique et Aéronomie			
Meteorologie	Météorologie			
Ozeanographie	Océanographie			
Umweltforschung	Recherche en environnement			
Umwelttoxikologie	Toxicologie environnementale			
Umweltwissenschaften	Sciences de l'environnement			
Human- und Wirtschaftsgeografie, Humanökologie	Géographie humaine et économique, écologie humaine			
Architektur, Urbanistik	Architecture	Sciences de l'ingénieur	Division II : Autres disciplines	
Fluidodynamik	Dynamique des fluides			
Forst- und Agrarwissenschaften	Sciences agronomiques et forestières			
Forstingenieurwissenschaften	Sciences forestières			
Mikroelektronik, Optoelektronik	Microélectronique et Optoélectronique			
Agraringenieurwissenschaften	Sciences agronomiques			
Andere Gebiete der Ingenieurwissenschaften	Sciences de l'ingénieur (autres domaines)			

Bauingenieurwesen	Génie civil		
Elektroingenieurwesen	Génie électrique		
Maschineningenieurwesen	Génie mécanique		
Materialwissenschaften	Génie des matériaux		
Ingenieurwissenschaften	Sciences de l'ingénieur		
Betriebswirtschaftslehre	Gestion d'entreprise	Sciences économiques	Division I
Volkswirtschaftslehre	Economie politique		
Experimentelle Krebsforschung	Recherche expérimentale contre le cancer	Sciences naturelles médicales	Sciences naturelles médicales
Experimentelle Medizin	Médecine expérimentale		
Immunologie, Immunopathologie	Immunologie et Immunopathologie		
Verhaltensforschung	Ethologie		
Biomedical Engineering	Génie biologique		
Pathophysiologie	Pathophysiologie		
Infektionskrankheiten	Maladies infectieuses		
Endokrinologie	Endocrinologie		
Ernährungsforschung, Vitaminologie	Recherche en nutrition, Vitaminologie		
Ernährungsfragen	Nutrition (questions de)		
Medizinische Mikrobiologie	Microbiologie médecine		
Medizinische Statistik	Statistique médecine		
Neurophysiologie und Hirnforschung	Neurophysiologie et Recherche sur le cerveau		
Pharmakologie, Pharmazie	Pharmacologie et pharmacie		
Physiologie: Andere Gebiete	Physiologie (autres domaines)		
Strukturforschung	Recherche sur les structures		
Medizinische Grundlagenwissenschaften	Médecine (Sciences fondamentales)	Sciences sociales, psychologie et pédagogie	Division I
Psychologie	Psychologie		
Erziehung	Sciences de l'éducation		
Erziehungs- und Bildungswissenschaften	Sciences de l'éducation		
Ethnologie	Ethnologie		
Kommunikations- und Medienwissenschaften	Sciences des médias et de la communication		
Politikwissenschaften	Sciences politiques		
Präventivmedizin (Epidemiologie/Früherfassung)	Médecine préventive (Epidemiologie / Détection précoce)		
Soziale Arbeit	Travail social		
Soziologie	Sociologie		
Sozial-, Wirtschafts- und Rechtswissenschaften	Sciences sociales, économiques et juridiques		
Angewandte Psychologie	Psychologie		
Geistes- und Sozialwissenschaften	Sciences humaines et sociales		

6.2 Indicateurs du réseau général par discipline et par cohorte

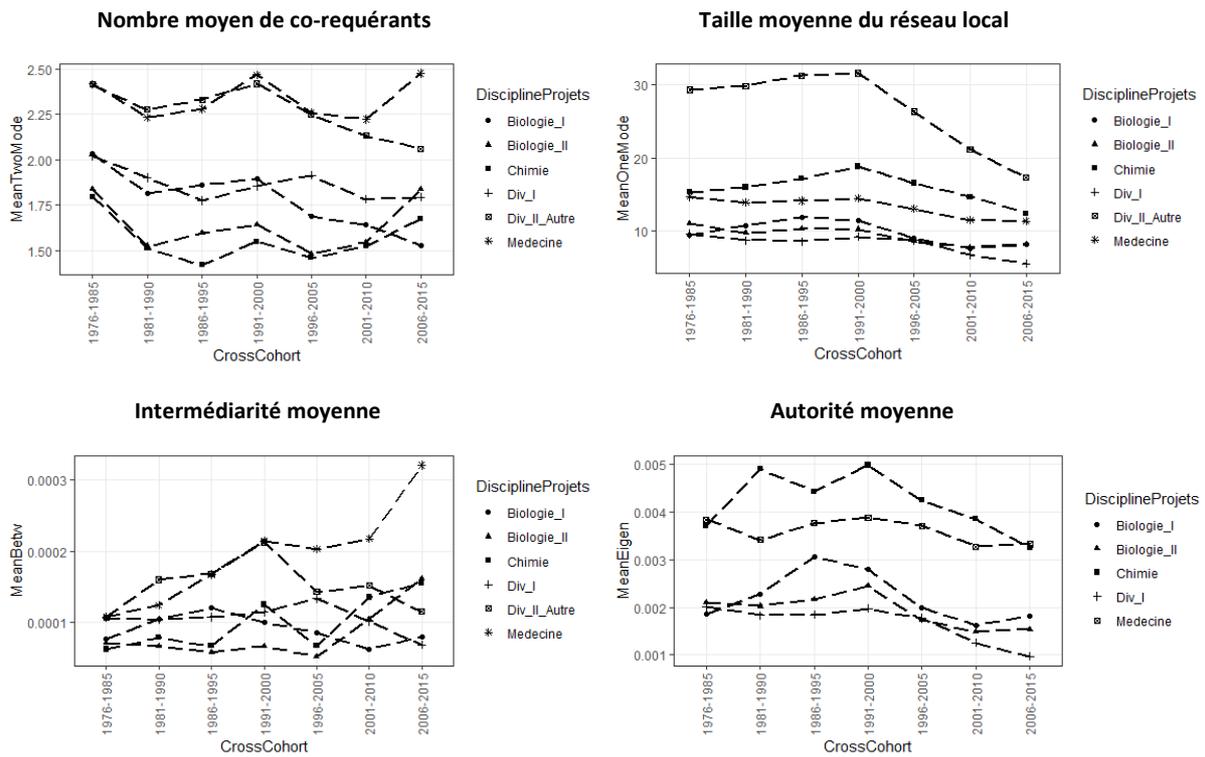
6.2.1 Moyenne des scores du capital social par discipline

Discipline des projets	Requérants par projet (moyenne)	Requérants par projet (maximum)	Centralité de degré (moyenne)	Centralité d'intermédiarité (moyenne)	Centralité de vecteur propre (moyenne)
Biologie I	1.8	7	9.6	0.00009	0.0022
Biologie II	1.6	11	9.3	0.00008	0.0019
Chimie	1.5	10	16.1	0.00010	0.0043
Droit	1.7	11	6.0	0.00006	0.0011
Informatique	1.8	13	19.7	0.00017	0.0080
Lettres, sciences historiques, Art, Antiquité	1.9	10	8.9	0.00011	0.0019
Mathématiques	1.9	11	15.6	0.00011	0.0048
Médecine clinique, préventive et sociale	2.7	59	14.2	0.00023	0.0039
Physique	2.4	19	34.5	0.00013	0.0491
Sciences de l'environnement	2.5	12	23.6	0.00020	0.0116
Sciences de l'ingénieur	2.2	11	19.0	0.00017	0.0075
Sciences de la terre	2.3	18	32.0	0.00015	0.0215
Sciences économiques	1.8	6	6.1	0.00008	0.0011
Sciences naturelles médicales et expérimentales	2.0	15	12.7	0.00015	0.0034
Sciences sociales, psychologie, pédagogie	1.9	9	8.2	0.00012	0.0016
Moyenne pour le réseau	2.05	14.8	16.7	0.00014	0.0103

6.2.2 Moyenne des scores du capital social par discipline et par cohorte

Discipline	Cohorte	Requérants par projet	Centralité de degré	Centralité d'intermédiarité	Centralité de vecteur propre
Biologie I	1976-1985	2	9.4	0.00008	0.0019
	1981-1990	1.8	10.6	0.0001	0.0023
	1986-1995	1.9	11.8	0.00012	0.0031
	1991-2000	1.9	11.3	0.0001	0.0028
	1996-2005	1.7	9	0.00009	0.002
	2001-2010	1.6	7.5	0.00006	0.0016
	2006-2015	1.5	8.1	0.00008	0.0018
Biologie II	1976-1985	1.8	11	0.00007	0.0021
	1981-1990	1.5	9.7	0.00007	0.002
	1986-1995	1.6	10.3	0.00006	0.0022
	1991-2000	1.6	10.2	0.00007	0.0024
	1996-2005	1.5	8.6	0.00005	0.0017
	2001-2010	1.5	7.7	0.00011	0.0015
	2006-2015	1.8	8.1	0.00016	0.0015
Chimie	1976-1985	1.8	15.3	0.00006	0.0037
	1981-1990	1.5	16	0.00008	0.0049
	1986-1995	1.4	17.2	0.00007	0.0044
	1991-2000	1.6	18.8	0.00013	0.005
	1996-2005	1.5	16.5	0.00007	0.0042
	2001-2010	1.5	14.6	0.00014	0.0038
	2006-2015	1.7	12.3	0.00016	0.0032
Division I	1976-1985	2	9.6	0.00011	0.002
	1981-1990	1.9	8.6	0.0001	0.0018
	1986-1995	1.8	8.5	0.00011	0.0018
	1991-2000	1.9	9.2	0.00011	0.002
	1996-2005	1.9	8.7	0.00013	0.0018
	2001-2010	1.8	6.7	0.0001	0.0013
	2006-2015	1.8	5.5	0.00007	0.001
Autres disciplines de la Division II	1976-1985	2.4	29.3	0.00011	0.0225
	1981-1990	2.3	29.8	0.00016	0.0225
	1986-1995	2.3	31.3	0.00017	0.0237
	1991-2000	2.4	31.6	0.00021	0.0262
	1996-2005	2.2	26.3	0.00014	0.0248
	2001-2010	2.1	21.2	0.00015	0.0231
	2006-2015	2.1	17.3	0.00012	0.0222
Médecine	1976-1985	2.4	14.7	0.00011	0.0038
	1981-1990	2.2	13.9	0.00012	0.0034
	1986-1995	2.3	14.1	0.00017	0.0038
	1991-2000	2.5	14.5	0.00021	0.0039
	1996-2005	2.3	13	0.0002	0.0037
	2001-2010	2.2	11.4	0.00022	0.0033
	2006-2015	2.5	11.3	0.00032	0.0033

Taille du réseau, intermédiarité et autorité selon les dates de dépôt des projets



Note : l'autorité moyenne des autres disciplines de la Division II étant particulièrement élevée en comparaison des autres disciplines, elle n'est pas représentée dans le graphique.

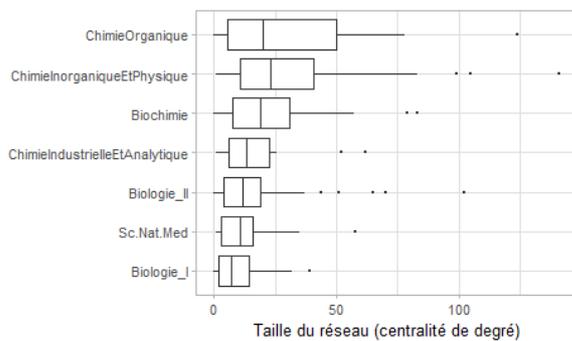
6.3 Indicateurs du capital social des professeurs

6.3.1 Cohorte de 1980

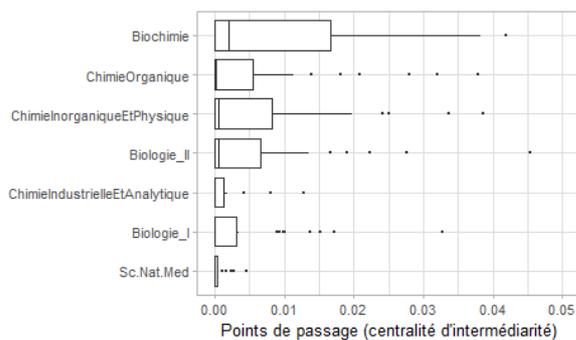
Disc_SousDiscipline	Centralité de degré two-mode			Centralité de degré		Centralité d'intermédiarité		Centralité de vecteur propre	
	Médiane	Moyenne	Max	Médiane	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane	Moyenne
Biochimie	10	10.3	35	19	22.9	0.002	0.011	0.009	0.020
Biologie I	5	6.1	17	7	9.8	0.000	0.004	0.003	0.004
Biologie II	8	8.5	23	12	16.3	0.001	0.008	0.005	0.011
Chimie industrielle et analytique	8.5	9.9	29	13.5	17.8	0.000	0.005	0.007	0.011
Chimie inorganique et physique	15	15.5	44	23	31.1	0.001	0.009	0.015	0.037
Chimie organique	11	11.0	28	20	32.7	0.000	0.010	0.011	0.077
Sciences naturelles médicales	6	6.8	30	11	13.9	0.000	0.003	0.004	0.008

Distribution des indicateurs de centralité selon les disciplines des professeurs (1980)

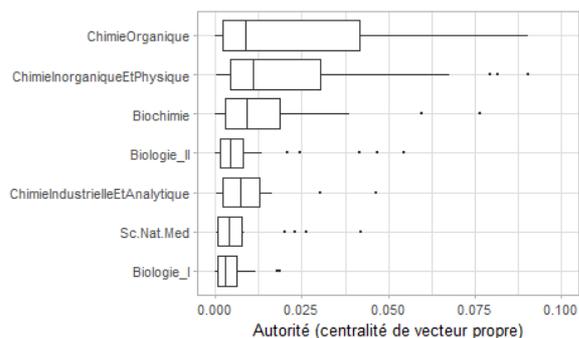
Centralité de degré (taille du réseau local)



Centralité d'intermédiarité (points de passage)



Centralité de vecteur propre (autorité)

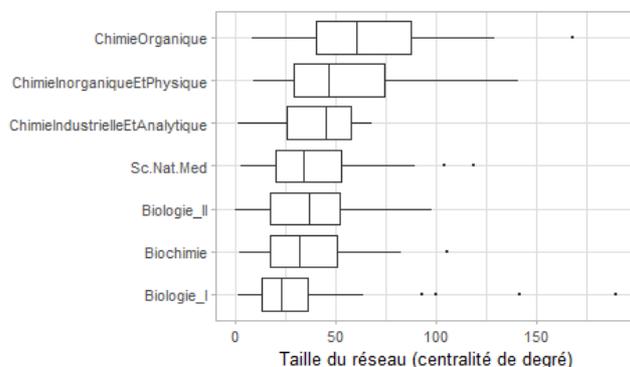


6.3.2 Cohorte de 2000

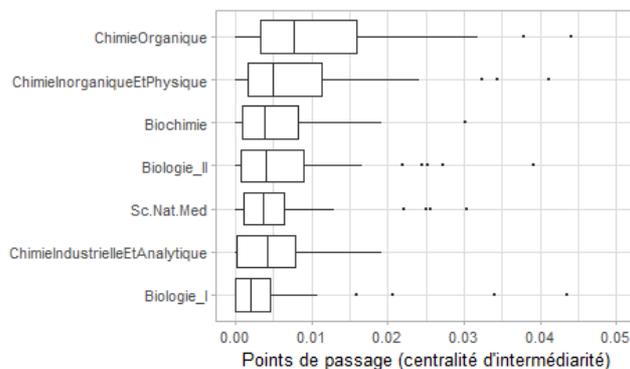
Disc_SousDiscipline	Centralité de degré two-mode			Centralité de degré		Centralité d'intermédiarité		Centralité de vecteur propre	
	Médiane	Moyenne	Max	Médiane	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane	Moyenne
Biochimie	12	12.4	35	32	35.6	0.004	0.007	0.021	0.032
Biologie I	11	12.2	42	23	34.7	0.002	0.005	0.011	0.028
Biologie II	11	11.7	31	37	36.4	0.004	0.006	0.021	0.032
Chimie industrielle et analytique	15	17.9	30	45.5	41.4	0.004	0.005	0.019	0.024
Chimie inorganique et physique	20	20.3	44	46.5	53.5	0.005	0.010	0.032	0.061
Chimie organique	18.5	18.6	33	60.5	64.3	0.008	0.014	0.046	0.104
Sciences naturelles médicales	11	12.4	25	34	38.6	0.004	0.006	0.018	0.028

Distribution des indicateurs de centralité selon les disciplines des professeurs (2000)

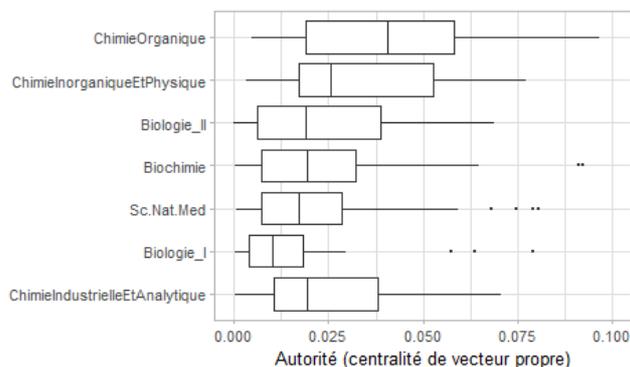
Centralité de degré (taille du réseau local)



Centralité d'intermédiarité (points de passage)



Centralité de vecteur propre (autorité)



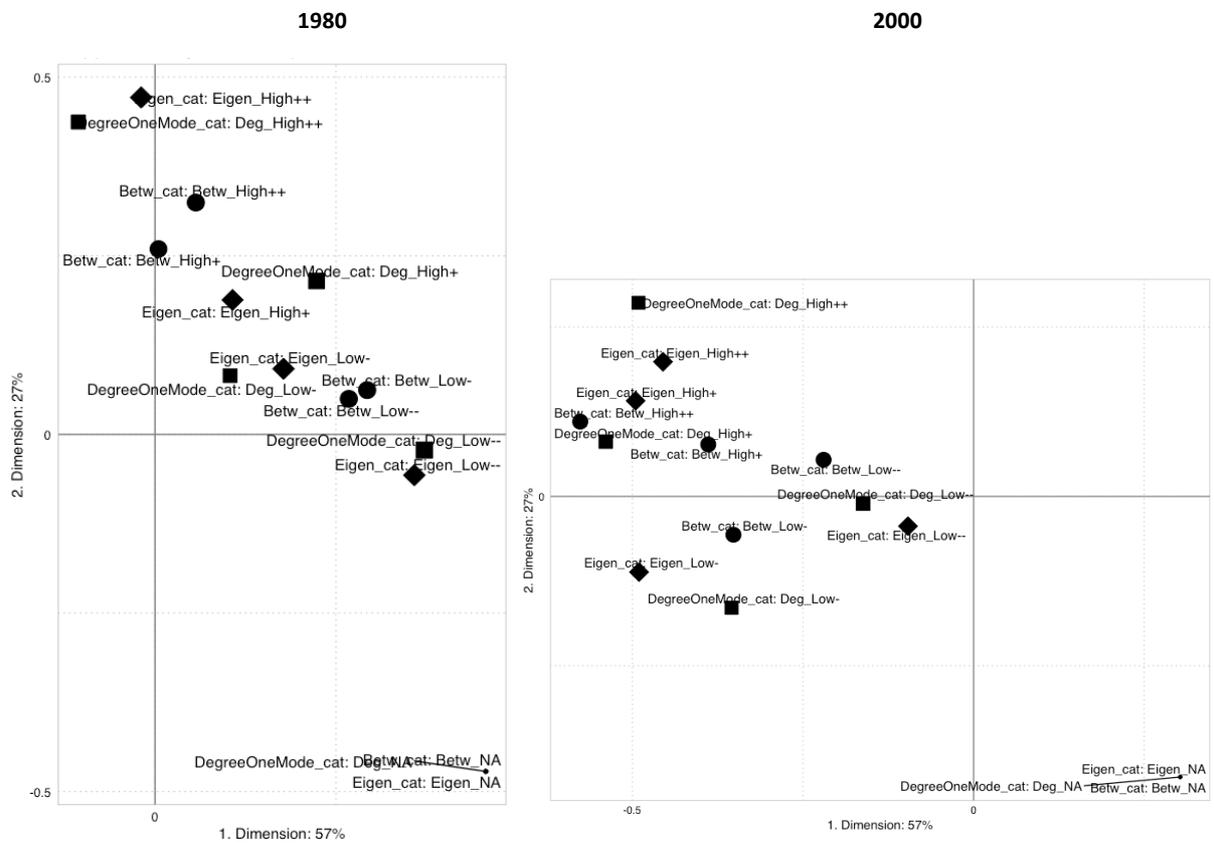
6.4 Variables supplémentaires

Dimension	Modalité	Année 1980	Année 2000
	Effectifs	295	342
Discipline	Biologie	176	221
	Chimie	119	121
Pouvoir académique	Types de profils		
	Scientifiques consacrés	68	46
	Faiseurs de science	85	143
	Scientifiques importés	45	97
	Outsiders locaux	97	56
Capital scientifique	Nombre de projets		
	(0,4] - (0,9]	61	89
	(4,9] - (9,13]	65	87
	(9,13] - (13,19]	63	83
	(13,43] - (19,43]	62	75
	Not in P3	44	8
	Montant des financements		
	Lowest	55	61
	Lowest	49	68
	Medium	45	68
	High	48	68
	Highest	50	69
	Not in P3	44	8
	Fonction occupée		
	Uniquement principale	72	46
	Plutôt principale	124	225
	Plutôt secondaire	39	51
	Uniquement secondaire	16	12
	Not in P3	44	8
Capital social	Centralité de degré		
	Deg_Low--	67	87
	Deg_Low-	59	81
	Deg_High+	65	87
	Deg_High++	60	79
	Not in P3	44	8
	Centralité d'intermédiarité		
	Betw_Low--	63	83
	Betw_Low-	63	84
	Betw_High+	62	83
	Betw_High++	63	84
	Not in P3	44	8
	Centralité de vecteur propre		
	Eigen_Low--	63	83
	Eigen_Low-	63	84
	Eigen_High+	62	83
	Eigen_High++	63	84
	Not in P3	44	8
Interdisciplinarité	Fréquence des collaborations interdisciplinaires		
	Interdisc_Non	132	120
	Interdisc_Faible	52	104
	Interdisc_Modérée	31	48
	Interdisc_Forte	36	62
	Not in P3	44	8
	Discipline des projets (général)		
	Proj_Biologie_Yes	135	219
	Proj_Chimie_Yes	101	127
	Proj_Medecine_Yes	78	133
	Proj_Autre_Yes	43	98
	Discipline des co-requérants (général)		
	CoReq_Biochimie_Yes	23	58

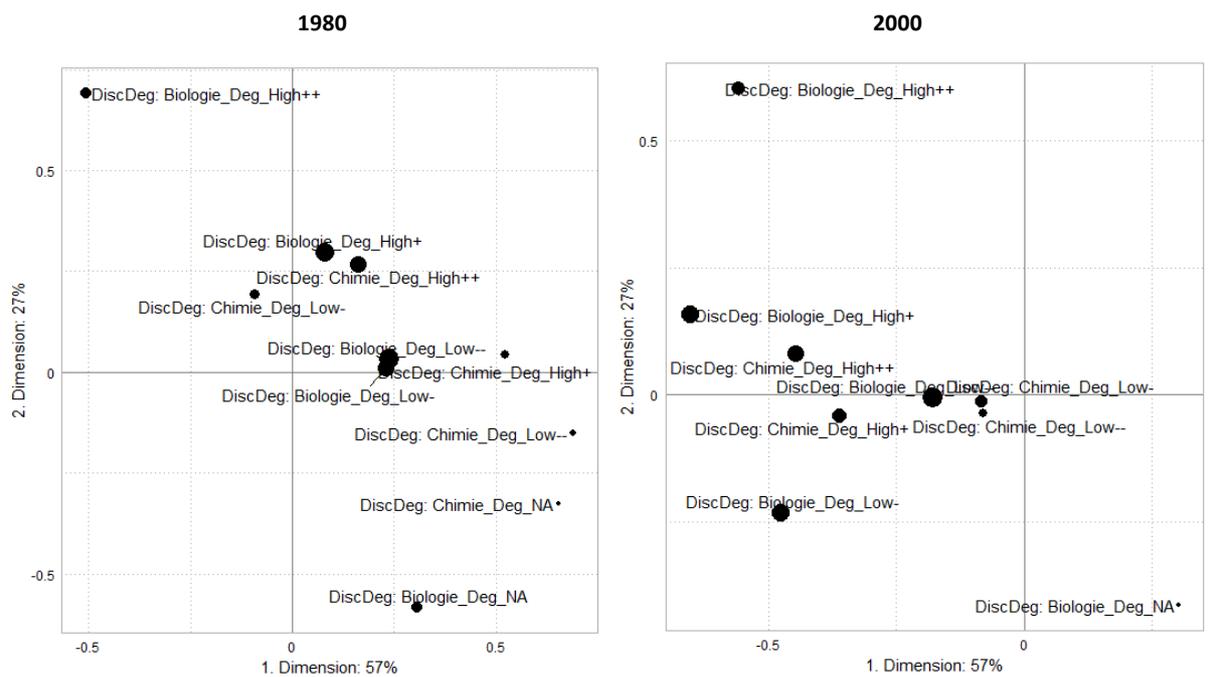
CoReq_Biologie_Yes	53	98
CoReq_Chimie_Yes	68	109
CoReq_Sc.Nat.Med_Yes	32	52
CoReq_Med_Yes	32	78
CoReq_Autre_Yes	45	79
Discipline des projets		
BioVersBioOnly_Yes	63	64
BioVersChimie_Yes	7	15
BioVersMed_Yes	67	114
BioVersAutre_Yes	22	47
ChimieVersChimieOnly_Yes	65	53
ChimieVersBio_Yes	9	23
ChimieVersMed_Yes	11	19
ChimieVersAutre_Yes	21	53
Discipline des co-requérants		
BioCoReqBiochimie_Yes	20	49
BioCoReqChimie_Yes	11	22
BioCoReqSc.Nat.Med_Yes	27	42
BioCoReqMed_Yes	27	63
BioCoReqAutre_Yes	25	38
ChimCoReqBiochimie_Yes	3	9
ChimCoReqBiologie_Yes	6	16
ChimCoReqSc.Nat.Med_Yes	5	10
ChimCoReqMed_Yes	5	15
ChimCoReqAutre_Yes	20	41

6.5 Distribution du capital social dans l'espace des professeurs

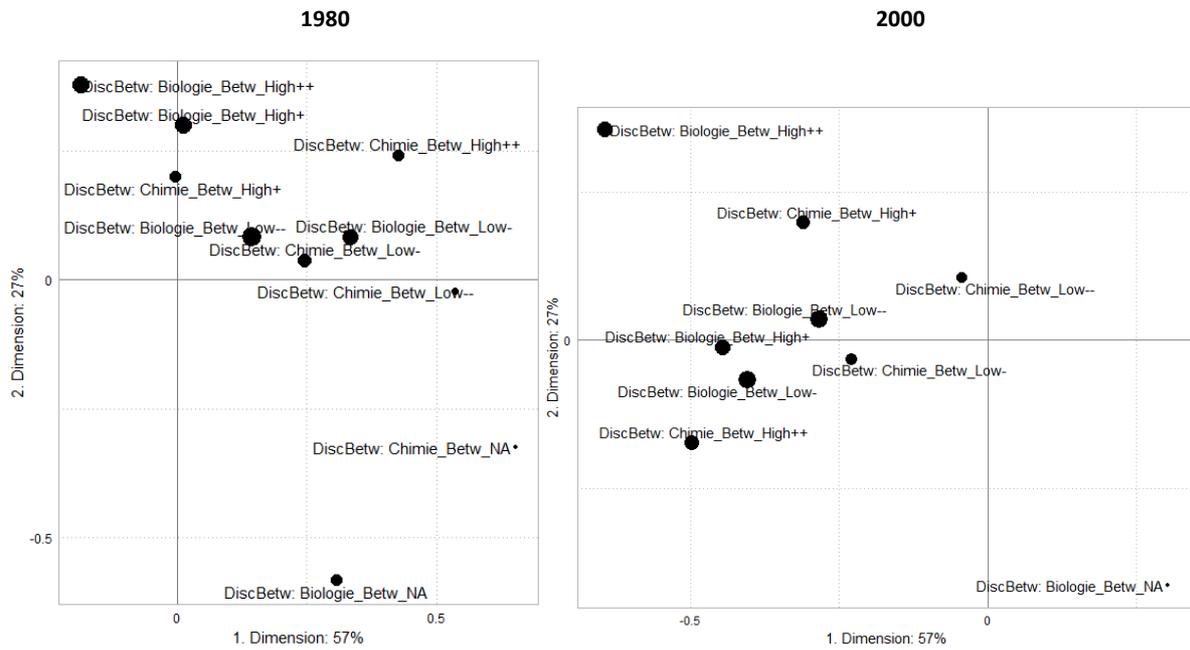
6.5.1 Distribution des trois indicateurs de capital social



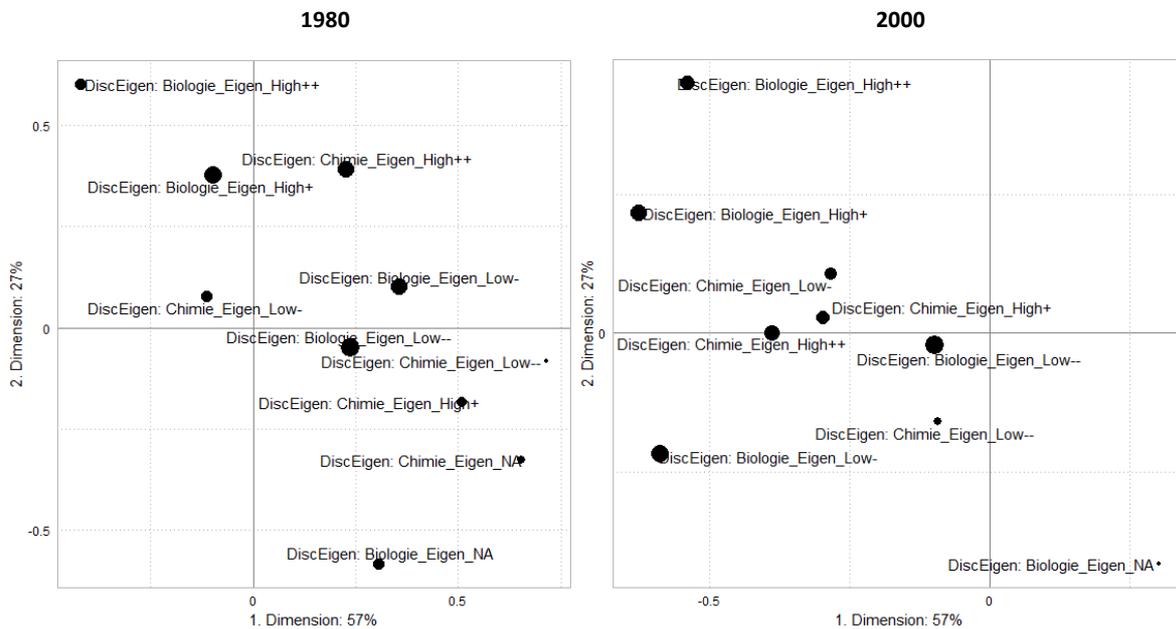
6.5.2 Taille du réseau personnel



6.5.3 Centralité d'intermédiarité



6.5.4 Centralité de vecteur propre



6.6 Caractérisation des profils des professeurs

6.6.1 Caractérisation des profils des professeurs de 1980

Link between the cluster variable and the categorical variables (chi-square test)

	p.value	df
FNS_MontantTotal_rec	0.00000824	15
FNS_NbreProjtotal_cat	0.00239005	12
Eigen_cat	0.00501661	12
DegreeOneMode_cat	0.00523168	12
Betw_cat	0.00644366	12
BioCoReqScNatMed	0.00773286	3
DiscEigen	0.02684585	27
RatioPrincipal_cat	0.02763982	12
ChimCoReqScNatMed	0.04126517	3
DiscDeg	0.04158458	27
Proj_Medecine	0.04218605	6
InterdiscRatio_cat	0.04425713	12

Description of each cluster by the categories

\$`1_ScientifiquesConsacres`

	Clas/Mod	Mod/Clas	Global	p.value	v.test
FNS_MontantTotal_rec=High	43.75	30.88	16.27	0.000497	3.48
FNS_NbreProjtotal_cat=NbreProj_(13,43]	35.48	32.35	21.02	0.012171	2.51
Eigen_cat=Eigen_High++	34.92	32.35	21.36	0.015427	2.42
DiscEigen=Chimie_Eigen_High++	38.46	22.06	13.22	0.020584	2.32
Betw_cat=Betw_High+	33.87	30.88	21.02	0.028421	2.19
BioCoReqScNatMed=BioCoReqScNatMed_Yes	40.74	16.18	9.15	0.032602	2.14
DegreeOneMode_cat=Deg_High++	33.33	29.41	20.34	0.041121	2.04
CoReq_Chimie=Yes	32.35	32.35	23.05	0.044395	2.01
DiscInterDisc=Biologie_Interdisc_Little%	37.14	19.12	11.86	0.045928	2.00
DiscInterDisc=Chimie_NA	5.26	1.47	6.44	0.046933	-1.99
DiscEigen=Chimie_Eigen_NA	5.26	1.47	6.44	0.046933	-1.99
DiscBetw=Chimie_Betw_NA	5.26	1.47	6.44	0.046933	-1.99
DiscDeg=Chimie_Deg_NA	5.26	1.47	6.44	0.046933	-1.99
CoReq_Chimie=No	20.26	67.65	76.95	0.044395	-2.01
FNS_MontantTotal_rec=Lowest	12.73	10.29	18.64	0.039417	-2.06
BioCoReqScNatMed=BioCoReqScNatMed_No	21.27	83.82	90.85	0.032602	-2.14
Proj_Autre=NA	6.82	4.41	14.92	0.003047	-2.96
Proj_Medecine=NA	6.82	4.41	14.92	0.003047	-2.96
Proj_Chimie=NA	6.82	4.41	14.92	0.003047	-2.96
Proj_Biologie=NA	6.82	4.41	14.92	0.003047	-2.96
Eigen_cat=Eigen_NA	6.82	4.41	14.92	0.003047	-2.96
Betw_cat=Betw_NA	6.82	4.41	14.92	0.003047	-2.96
DegreeOneMode_cat=Deg_NA	6.82	4.41	14.92	0.003047	-2.96
FNS_NbreProjtotal_cat=NbreProj_NA	6.82	4.41	14.92	0.003047	-2.96
RatioPrincipal_cat=NA	6.82	4.41	14.92	0.003047	-2.96
InterdiscRatio_cat=NA	6.82	4.41	14.92	0.003047	-2.96
FNS_MontantTotal_rec=Not_In_P3	6.82	4.41	14.92	0.003047	-2.96

\$`2_FaiseursDeScience`

	Clas/Mod	Mod/Clas	Global	p.value	v.test
FNS_MontantTotal_rec=Highest	46.0	27.06	16.95	0.00476	2.82
CoReq_Medecine=Yes	46.9	17.65	10.85	0.02303	2.27
BioCoReqMed=BioCoReqMed_Yes	48.1	15.29	9.15	0.02754	2.20
DiscBetw=Biologie_Betw_Low-	14.7	5.88	11.53	0.04904	-1.97
BioCoReqMed=BioCoReqMed_No	26.9	84.71	90.85	0.02754	-2.20
CoReq_Medecine=No	26.6	82.35	89.15	0.02303	-2.27

\$`3_ScientifiquesImportes`

	Clas/Mod	Mod/Clas	Global	p.value	v.test
BioCoReqScNatMed=BioCoReqScNatMed_No	16.8	100.00	90.85	0.00911	2.61
ChimCoReqScNatMed=ChimCoReqScNatMed_Yes	60.0	6.67	1.69	0.02882	2.19
DiscInterDisc=Chimie_Interdisc_Little%	35.3	13.33	5.76	0.03717	2.08
RatioPrincipal_cat=RatherMain	20.2	55.56	42.03	0.04992	1.96
ChimCoReqScNatMed=ChimCoReqScNatMed_No	14.5	93.33	98.31	0.02882	-2.19
BioCoReqScNatMed=BioCoReqScNatMed_Yes	0.0	0.00	9.15	0.00911	-2.61

\$`4_OutsideursLocaux`

	Clas/Mod	Mod/Clas	Global	p.value	v.test
FNS_MontantTotal_rec=Lowest	50.91	28.87	18.64	0.0022625	3.05
FNS_NbreProjtotal_cat=NbreProj_(0,4]	47.54	29.90	20.68	0.0077886	2.66
Proj_Autre=NA	50.00	22.68	14.92	0.0113967	2.53
Proj_Medecine=NA	50.00	22.68	14.92	0.0113967	2.53
Proj_Chimie=NA	50.00	22.68	14.92	0.0113967	2.53
Proj_Biologie=NA	50.00	22.68	14.92	0.0113967	2.53
Eigen_cat=Eigen_NA	50.00	22.68	14.92	0.0113967	2.53
Betw_cat=Betw_NA	50.00	22.68	14.92	0.0113967	2.53

DegreeOneMode_cat=Deg_NA	50.00	22.68	14.92	0.0113967	2.53
FNS_NbreProjtotal_cat=NbreProj_NA	50.00	22.68	14.92	0.0113967	2.53
RatioPrincipal_cat=NA	50.00	22.68	14.92	0.0113967	2.53
InterdiscRatio_cat=NA	50.00	22.68	14.92	0.0113967	2.53
FNS_MontantTotal_rec=Not_In_P3	50.00	22.68	14.92	0.0113967	2.53
DiscDeg=Chimie_Deg_Low--	60.00	12.37	6.78	0.0115493	2.53
Eigen_cat=Eigen_Low--	46.03	29.90	21.36	0.0146222	2.44
DegreeOneMode_cat=Deg_Low--	44.78	30.93	22.71	0.0212987	2.30
DiscInterDisc=Chimie_NA	57.89	11.34	6.44	0.0233337	2.27
DiscEigen=Chimie_Eigen_NA	57.89	11.34	6.44	0.0233337	2.27
DiscBetw=Chimie_Betw_NA	57.89	11.34	6.44	0.0233337	2.27
DiscDeg=Chimie_Deg_NA	57.89	11.34	6.44	0.0233337	2.27
BioVersMed=BioVersMed_No	35.96	84.54	77.29	0.0361749	2.09
FNS_NbreProjtotal_cat=NbreProj_(9,13]	22.22	14.43	21.36	0.0407760	-2.05
DiscBetw=Biologie_Betw_High++	18.42	7.22	12.88	0.0392045	-2.06
BioVersMed=BioVersMed_Yes	22.39	15.46	22.71	0.0361749	-2.09
DiscEigen=Chimie_Eigen_High++	17.95	7.22	13.22	0.0302304	-2.17
DiscDeg=Chimie_Deg_High++	16.67	6.19	12.20	0.0240368	-2.26
Betw_cat=Betw_High+	20.97	13.40	21.02	0.0230336	-2.27
Betw_cat=Betw_High++	20.63	13.40	21.36	0.0181177	-2.36
FNS_MontantTotal_rec=High	16.67	8.25	16.27	0.0073295	-2.68
RatioPrincipal_cat=RatherMain	24.19	30.93	42.03	0.0068062	-2.71
DiscEigen=Biologie_Eigen_High++	8.33	2.06	8.14	0.0047902	-2.82
DiscInterDisc=Biologie_Interdisc_Little%	11.43	4.12	11.86	0.0025686	-3.02
InterdiscRatio_cat=Interdisc_Little%	15.38	8.25	17.63	0.0022448	-3.06
DiscDeg=Biologie_Deg_High++	4.17	1.03	8.14	0.0006542	-3.41
FNS_NbreProjtotal_cat=NbreProj_(13,43]	14.52	9.28	21.02	0.0003274	-3.59
FNS_MontantTotal_rec=Highest	12.00	6.19	16.95	0.0002952	-3.62
Eigen_cat=Eigen_High++	14.29	9.28	21.36	0.0002346	-3.68
DegreeOneMode_cat=Deg_High++	11.67	7.22	20.34	0.0000376	-4.12

1980

Dimension	Modalité	Scientifiques consacrés N=68 (23.05%)	Faiseurs de science N=85 (28.8%)	Scientifiques importés N=45 (15.25%)	Outsiders locaux N=97 (32.8%)	Colone total
		% colone par fraction				
Capital scientifique	Nombre de projets					
	(0,4]	16.2	17.7	13.3	29.9	20.7
	(4,9]	23.5	18.8	22.2	23.7	22.0
	(9,13]	23.5	25.9	24.4	14.4	21.4
	(13,43]	32.4	22.4	26.7	9.3	21.0
	Not in P3	4.4	15.3	13.3	22.7	14.9
	Montant des financements					
	Lowest	10.3	17.7	11.1	28.9	18.6
	Low	17.7	15.3	11.1	19.6	16.6
	Medium	16.2	14.1	26.7	14.4	15.3
	High	30.9	10.6	22.2	8.3	16.3
	Highest	20.6	27.1	15.6	6.2	16.9
	Not in P3	4.4	15.3	13.3	22.7	14.9
	Fonction occupée					
	Uniquement principale	26.5	22.4	24.4	24.7	24.4
	Plutôt principale	47.1	43.5	55.6	30.9	42.0
	Plutôt secondaire	19.1	11.8	6.7	13.4	13.2
Uniquement secondaire	2.9	7.1	0	8.3	5.4	
Not in P3	4.4	15.3	13.3	22.7	14.9	
Capital social	Centralité de degré					
	Deg_Low--	19.1	21.2	13.3	30.9**	22.7
	Deg_Low-	22.1	18.8	24.4	17.5	20.0
	Deg_High+	25.0	20.0	22.2	21.7	22.0
	Deg_High++	29.4	24.7	26.7	7.2	20.3
	Not in P3	4.4	15.3	13.3	22.7	14.9
	Centralité d'intermédiarité					
	Betw_Low--	17.7	25.9	11.1	24.7	21.4
	Betw_Low-	19.1	16.5	24.4	25.8	21.4
	Betw_High+	30.9	17.7	28.9	13.4	21.0
Betw_High++	27.9	24.7	22.2	13.4	21.4	

	Not in P3	4.4	15.3	13.3	22.7	14.9
	Centralité de vecteur propre					
	Eigen_Low--	16.2	20.0	13.3	29.9	21.4
	Eigen_Low-	26.5	17.7	26.7	18.6	21.4
	Eigen_High+	20.6	22.4	22.2	19.6	21.0
	Eigen_High++	32.4**	24.7	24.4	9.3	21.4
	Not in P3	4.4	15.3	13.3	22.7	14.9
Interdisciplinarité	Fréquence des collaborations interdisciplinaires					
	Interdisc_Non	51.5	43.5	40.0	43.3	44.8
	Interdisc_Faible	23.5b	18.8	26.7c	8.3	17.6
	Interdisc_Modérée	13.2	8.2	8.9	11.3	1.05
	Interdisc_Forte	7.4	14.1	11.1	14.4	12.2
	Not in P3	4.4	15.3	13.3	22.7	14.9
	Discipline des projets (général)					
	Proj_Biologie_Yes	55.4	52.8	59.0	50.7	53.8
	Proj_Chimie_Yes	43.1	36.1	43.6	40.0	40.2
	Proj_Medecine_Yes	30.8	37.5	30.8	25.3	31.1
	Proj_Autre_Yes	18.5	16.7	15.4	17.3	17.1
	Discipline des co-requérants (général)					
	CoReq_Biochimie_Yes	8.8	9.4	11.1	4.1	7.8
	CoReq_Biologie_Yes	25.0	15.3	11.1	18.6	18.0
	CoReq_Chimie_Yes	32.4	23.5	17.8	18.6	23.1
	CoReq_Sc.Nat.Med_Yes	16.2	14.1	6.7	6.2	10.8
	CoReq_Med_Yes	10.3	17.7	6.7	7.2	10.8
	CoReq_Autre_Yes	19.1	17.7	8.9	13.4	15.3
	Discipline des projets					
	BioVersBioOnly_Yes	19.1	21.2	24.4	21.7	21.4
	BioVersChimie_Yes	1.5	2.4	4.4	2.1	2.4
	BioVersMed_Yes	27.9	28.2	20.0	15.5	22.7
	BioVersAutre_Yes	10.3	5.9	2.2	9.3	7.5
	ChimieVersChimieOnly_Yes	30.9	20.0	15.6	20.6	22.0
	ChimieVersBio_Yes	2.9	2.4	4.4	3.1	3.1
	ChimieVersMed_Yes	1.5	3.5	6.7	4.1	3.7
	ChimieVersAutre_Yes	7.4	8.2	11.1	4.1	7.1
	Discipline des co-requérants					
	BioCoReqBiochimie_Yes	7.4	8.2	8.9	4.1	6.8
	BioCoReqChimie_Yes	5.9	5.9	0	2.1	3.7
	BioCoReqSc.Nat.Med_Yes	16.2	12.9	0	5.2	9.2
	BioCoReqMed_Yes	8.8	15.3	4.4	6.2	9.2
	BioCoReqAutre_Yes	8.8	10.6	2.2	9.3	8.5
	ChimCoReqBiochimie_Yes	1.5	1.2	2.2	0	1.0
	ChimCoReqBiologie_Yes	2.9	1.2	2.2	2.1	2.0
	ChimCoReqSc.Nat.Med_Yes	0	1.2	6.7	1.0	1.7
	ChimCoReqMed_Yes	1.5	2.4	2.2	1.0	1.7
	ChimCoReqAutre_Yes	10.3	7.1	6.7	4.1	6.8

Les modalités dont la valeur-test est égale ou supérieure à 2 sont en **gras**. Les coefficients suivis de * indiquent que la modalité est surtout significative pour les professeurs de biologie. Les coefficients suivis de ** indiquent que la modalité est surtout significative pour les professeurs de chimie. Les coefficients suivis de b indiquent que la modalité est uniquement significative pour les professeurs de biologie. Les coefficients suivis de c indiquent que la modalité est uniquement significative pour les professeurs de chimie. Les coefficients en *italique* indiquent que la variable est associée à sa modalité : Non.

6.6.2 Caractérisation des profils des professeurs de 2000

Link between the cluster variable and the categorical variables (chi-square test)

```
=====
p.value df
Eigen_cat          0.000929 12
DegreeOneMode_cat 0.003847 12
ChimieVersBio     0.004149  3
DiscDeg           0.006191 24
FNS_MontantTotal_rec 0.006740 15
DiscEigen         0.011569 24
CoReq_Biologie    0.019935  3
FNS_NbreProjtotal_cat 0.039490 12
ChimCoReqBio     0.043224  3
```

Description of each cluster by the categories

\$`1_ScientifiquesConsacres`

```
=====
          Cla/Mod Mod/Cla Global p.value v.test
DiscInterDisc=Biologie_Interdisc_Little% 23.8 32.6 18.4 0.0128 2.49
FNS_NbreProjtotal_cat=NbreProj_(13,19] 21.7 39.1 24.3 0.0163 2.40
CoReq_Biologie=Yes 19.4 41.3 28.7 0.0490 1.97
CoReq_Biologie=No 11.1 58.7 71.3 0.0490 -1.97
FNS_NbreProjtotal_cat=NbreProj_(9,13] 6.9 13.0 25.4 0.0330 -2.13
```

\$`2_FaiseursDeScience`

```
=====
          Cla/Mod Mod/Cla Global p.value v.test
DiscInterDisc=Biologie_NA 0 0 2.05 0.0216 -2.3
DiscEigen=Biologie_Eigen_NA 0 0 2.34 0.0124 -2.5
DiscBetw=Biologie_Betw_NA 0 0 2.34 0.0124 -2.5
DiscDeg=Biologie_Deg_NA 0 0 2.34 0.0124 -2.5
Eigen_cat=Eigen_NA 0 0 2.34 0.0124 -2.5
Betw_cat=Betw_NA 0 0 2.34 0.0124 -2.5
DegreeOneMode_cat=Deg_NA 0 0 2.34 0.0124 -2.5
```

\$`3_ScientifiquesImportes`

```
=====
          Cla/Mod Mod/Cla Global p.value v.test
ChimieVersBio=ChimieVersBio_Yes 60.9 14.43 6.73 0.000913 3.32
DiscDeg=Biologie_Deg_Low- 44.6 25.77 16.37 0.004562 2.84
DiscEigen=Biologie_Eigen_Low- 43.9 25.77 16.67 0.006274 2.73
Eigen_cat=Eigen_Low- 39.3 34.02 24.56 0.012724 2.49
ChimCoReqBio=ChimCoReqBio_Yes 56.2 9.28 4.68 0.019210 2.34
DegreeOneMode_cat=Deg_Low- 38.3 31.96 23.68 0.027136 2.21
DiscBetw=Chimie_Betw_High++ 43.6 17.53 11.40 0.031864 2.15
DiscDeg=Biologie_Deg_High++ 12.9 4.12 9.06 0.039736 -2.06
Betw_cat=Betw_Low-- 19.3 16.49 24.27 0.032926 -2.13
ChimCoReqBio=ChimCoReqBio_No 27.0 90.72 95.32 0.019210 -2.34
RatioPrincipal_cat=FullSecondary 0.0 0.00 3.51 0.016888 -2.39
DiscDeg=Biologie_Deg_Low-- 16.4 12.37 21.35 0.009129 -2.61
DiscEigen=Biologie_Eigen_Low-- 14.5 10.31 20.18 0.003133 -2.95
DegreeOneMode_cat=Deg_Low-- 14.9 13.40 25.44 0.000926 -3.31
ChimieVersBio=ChimieVersBio_No 26.0 85.57 93.27 0.000913 -3.32
Eigen_cat=Eigen_Low-- 14.5 12.37 24.27 0.000854 -3.33
```

\$`4_OutsideursLocaux`

```
=====
          Cla/Mod Mod/Cla Global p.value v.test
FNS_MontantTotal_rec=Lowest 34.43 37.50 17.8 0.000114 3.86
Eigen_cat=Eigen_Low-- 30.12 44.64 24.3 0.000250 3.66
DiscEigen=Biologie_Eigen_Low-- 31.88 39.29 20.2 0.000292 3.62
DegreeOneMode_cat=Deg_Low-- 26.44 41.07 25.4 0.005077 2.80
DiscDeg=Biologie_Deg_Low-- 27.40 35.71 21.3 0.006649 2.71
FNS_NbreProjtotal_cat=NbreProj_(0,9] 24.72 39.29 26.0 0.017519 2.38
CoReq_Biologie=No 19.26 83.93 71.3 0.019768 2.33
Eigen_cat=Eigen_Low- 9.52 14.29 24.6 0.046347 -1.99
Betw_cat=Betw_High++ 9.52 14.29 24.6 0.046347 -1.99
DegreeOneMode_cat=Deg_High+ 9.20 14.29 25.4 0.031994 -2.14
DiscEigen=Biologie_Eigen_Low- 7.02 7.14 16.7 0.029283 -2.18
CoReq_Biologie=Yes 9.18 16.07 28.7 0.019768 -2.33
DiscBetw=Biologie_Betw_High++ 4.44 3.57 13.2 0.012766 -2.49
FNS_MontantTotal_rec=Highest 4.35 5.36 20.2 0.001056 -3.28
```

Dimension	Modalité	Scientifiques consacrés N=46 (13.45%)	Faiseurs de science N=143 (41.8%)	Scientifiques importés N=97 (28.4%)	Outsiders locaux N=56 (16.4%)	
		% colone par fraction				Colone total
Capital scientifique	Nombre de projets					
	(0,9]	19.6	23.8	24.7	39.3	26.0
	(9,13]	13.0	27.3	29.9	23.2	25.4
	(13,19]	39.1	22.4	24.7	16.1	24.3
	(19,43]	26.1	25.9	17.5	16.1	21.9
	Not in P3	2.2	0.7	3.1	5.4	2.3
	Montant des financements					
	Lowest	13.0	15.4	12.4	37.5	17.8
	Low	13.0	19.6	23.7	19.6	19.9
	Medium	23.9	18.2	20.6	19.6	19.9
	High	19.6	22.4	20.6	12.5	19.9
	Highest	28.3	23.8	19.6	5.4	20.2
	Not in P3	2.2	0.7	3.1	5.4	2.3
	Fonction occupée					
	Uniquement principale	13.0	17.5	11.3	7.1	13.5
	Plutôt principale	65.2	63.6	72.2	60.7	65.8
	Plutôt secondaire	17.4	13.3	13.4	19.6	14.9
	Uniquement secondaire	2.2	4.9	0	7.1	3.5
	Not in P3	2.2	0.7	3.1	5.4	2.3
Capital social	Centralité de degré					
	Deg_Low--	21.7	28.7	13.4	41.1*	25.4
	Deg_Low-	17.4	20.3	32.0*	23.2	23.7
	Deg_High+	28.3	25.2	30.9	14.3	25.4
	Deg_High++	28.3	25.9	20.6	16.1	23.1
	Not in P3	4.4	0	3.1	5.4	2.3
	Centralité d'intermédiarité					
	Betw_Low--	23.9	26.6	16.5	32.1	24.3
	Betw_Low-	26.1	23.8	22.7	28.6	24.6
	Betw_High+	21.7	25.9	25.8	19.6	24.3
	Betw_High++	23.9	23.8	32.0c	14.3	24.6
	Not in P3	4.4	0	3.1	5.4	2.3
	Centralité de vecteur propre					
	Eigen_Low--	21.7	25.2	12.4	44.6*	24.3
	Eigen_Low-	15.2	25.2	34.0*	14.3	24.6
	Eigen_High+	32.6	24.5	24.7	16.1	24.3
	Eigen_High++	26.1	25.2	25.8	19.6	24.6
	Not in P3	4.4	0	3.1	5.4	2.3
	Interdisciplinarité	Fréquence des collaborations interdisciplinaires				
Interdisc_Non		32.6	35.7	36.1	33.9	35.1
Interdisc_Faible		39.1b	28.7	30.1	26.8	30.4
Interdisc_Modérée		10.9	14.7	13.4	16.1	14.0
Interdisc_Forte		15.2	20.3	16.5	17.9	18.1
Not in P3		2.2	0.7	3.1	5.4	2.3
Discipline des projets (général)						
Proj_Biologie_Yes		71.1	62.0	72.3	58.5	64.0
Proj_Chimie_Yes		33.3	35.2	43.6	39.6	37.1
Proj_Medecine_Yes		40.0	45.1	31.9	39.6	38.9
Proj_Autre_Yes		24.4	28.2	34.0	28.3	28.7
Discipline des co-requérants (général)						
CoReq_Biochimie_Yes		15.2	17.5	16.5	17.9	17.0
CoReq_Biologie_Yes		41.3	25.9	34.0	16.1	28.7
CoReq_Chimie_Yes		28.3	30.8	33.0	35.7	31.9
CoReq_Sc.Nat.Med_Yes		21.7	16.1	12.4	12.5	15.2
CoReq_Med_Yes		21.7	27.3	19.6	17.9	22.8
CoReq_Autre_Yes		19.6	23.8	24.7	21.4	23.1

Discipline des projets					
BioVersBioOnly_Yes	13.0	21.0	20.6	12.5	18.4
BioVersChimie_Yes	4.4	2.8	6.2	5.4	4.4
BioVersMed_Yes	37.0	37.1	25.8	33.9	33.3
BioVersAutre_Yes	17.4	11.9	13.4	16.1	13.7
ChimieVersChimieOnly_Yes	17.4	14.0	14.4	19.6	15.5
ChimieVersBio_Yes	4.4	4.2	14.4	1.8	6.7
ChimieVersMed_Yes	2.2	7.7	5.2	3.6	5.6
ChimieVersAutre_Yes	6.5	16.1	19.6	10.7	15.5
Discipline des co-requérants					
BioCoReqBiochimie_Yes	13.0	16.1	11.3	16.1	14.3
BioCoReqChimie_Yes	4.4	6.3	7.2	7.1	6.4
BioCoReqSc.Nat.Med_Yes	21.7	11.9	9.3	10.7	12.3
BioCoReqMed_Yes	19.6	21.0	14.4	17.9	18.4
BioCoReqAutre_Yes	10.9	11.2	10.3	12.5	11.1
ChimCoReqBiochimie_Yes	2.2	1.4	5.2	1.8	2.6
ChimCoReqBiologie_Yes	6.5	2.1	9.3	1.8	4.7
ChimCoReqSc.Nat.Med_Yes	0	4.2	3.1	1.8	2.9
ChimCoReqMed_Yes	2.2	6.3	5.2	0	4.4
ChimCoReqAutre_Yes	8.7	12.6	14.4	8.9	12.0

Les modalités dont la valeur-test est égale ou supérieure à 2 sont en **gras**. Les coefficients suivis de * indiquent que la modalité est surtout significative pour les professeurs de biologie. Les coefficients suivis de ** indiquent que la modalité est surtout significative pour les professeurs de chimie. Les coefficients suivis de b indiquent que la modalité est uniquement significative pour les professeurs de biologie. Les coefficients suivis de c indiquent que la modalité est uniquement significative pour les professeurs de chimie. Les coefficients en *italique* indiquent que la variable est associée à sa modalité : Non.

Chapitre 6 : Transformations d'une haute école entre logiques scientifiques et entrepreneuriales. Le cas de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (1980-2010)

« [...] il [le successeur de Patrick Aebischer, ancien président de l'EPFL] doit être un chercheur de premier rang, s'il veut être respecté par ses pairs. C'est encore valable aujourd'hui. On voit que, là où l'on a tenté de faire venir quelqu'un d'un autre milieu, cela n'a pas très bien fonctionné. Il doit avoir des liens avec l'industrie [...] et il doit enfin être capable de parler aux politiques. Ce dernier point est à mon sens essentiel. »

(Patrick Aebischer, quotidien *24 heures* du 18.02.2015)

Le candidat idéal à la présidence de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) en 2015 doit d'abord être un « chercheur de premier rang », c'est-à-dire au bénéfice d'un degré d'autorité scientifique particulièrement élevé, mais il doit aussi posséder un réseau dans les milieux économiques et politiques. Cette articulation entre détention de ressources scientifiques et facilités de dialogue avec les milieux économiques et politiques est au cœur de la définition d'une figure encore peu abordée jusqu'ici : celle du chercheur *entrepreneur* (Gaudillière 2015). En particulier dans le cas des hautes écoles techniques¹⁸¹ et notamment des EPF en Suisse, les liens extra-académiques sont compris comme une ressource complémentaire, et non pas concurrente aux logiques de reconnaissance par les pairs et à la priorité des critères scientifiques dans le recrutement du personnel académique. Ces dernières occupent une position particulière dans le champ académique qui participe à réduire la tension entre recherche fondamentale et appliquée en jouant traditionnellement un rôle d'interface entre les sphères académique et privée, les rendant plus perméables au renforcement des logiques managériales que les universités classiques (Fumasoli et al. 2015 : 204).

L'étude des professeurs de biologie et de chimie menée jusqu'ici est bornée au xx^e siècle et ne peut, par conséquent, rien apporter à la littérature consacrée aux transformations plus récentes. Dans le débat contemporain concernant le futur des disciplines, Marcovich & Shinn (2011 : 585) montrent que lorsque les sciences naturelles sont évoquées, c'est rarement en termes des propriétés intellectuelles et sociales d'une discipline en particulier, mais presque exclusivement en termes de catégorie large et particulièrement connectée aux objectifs technologiques et économiques, au travers du terme « technosciences » par exemple chez Gibbons et al. (1994) ou chez Bensaude-Vincent (2009). Les sciences de la vie actuelles sont présentées comme une nouvelle « étape » dans l'ère ouverte par la biologie moléculaire en apportant à la recherche biomédicale « des outils moléculaires et une connaissance moléculaire du corps humain »¹⁸² (Louvel 2015 : 77). Dans ce sixième et dernier chapitre,

¹⁸¹ Le terme « haute école technique » est dérivé de l'allemand *Technische Hochschulen* qui se distingue des universités par leur enseignement de savoirs orientés vers la pratique et des compétences utiles dans les activités d'ingénierie et commerciales (Manegold 1970). Pour le cas suisse, nous faisons référence à l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich (EPFZ) et l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), bien que ce terme puisse plus largement être appliqué aux hautes écoles spécialisées (HES) (Fumasoli & Goastellec 2015b).

¹⁸² A l'image de la nouvelle discipline de la nanomédecine, elles reposent « sur des échanges nourris entre des biologistes et des chercheurs issus des sciences chimiques, physiques et des sciences de l'ingénieur (physicochimie, chimie, biophysique, électronique, informatique, traitement du signal, etc.) », comme l'a été la biologie moléculaire à partir des années 1940 (Gros 1993, Gaudillière 2015, Morange 2016).

nous terminons notre étude des transformations des sciences naturelles aux sciences de la vie par une étude de cas portant sur les professeurs de l'EPFL, une école d'ingénieurs ayant subi des transformations vers des logiques typiques de *l'université entrepreneuriale*, entre nouvelles structures de carrières, réformes managériales et développement des sciences de la vie. Ce focus nous permet, d'une part, d'étendre la période de recherche aux professeurs de 2010 et, d'autre part, d'intégrer le récent développement des sciences de la vie dans le contexte des sciences de l'ingénieur.

1. L'enjeu des transformations vers l'université entrepreneuriale

Le profil décrit ci-dessus reflète une conception nouvelle de l'organisation académique que Clark (1998) notamment désigne sous le terme d'*Entrepreneurial University*. Ce modèle d'organisation est défini comme une action entrepreneuriale collective (*collective entrepreneurial action*) qui a pour objectif de fournir les ressources et les infrastructures nécessaires aux universités pour s'adapter au nouveau contexte de la transformation des « marchés » académique et privé. Malgré l'introduction de logiques *entrepreneuriales* dans le gouvernement des universités ainsi qu'un nouveau mode de financement de valorisation des résultats de la recherche, le modèle n'a pas pour objectif d'abandonner la légitimité académique des universités, mais de les transformer en combinant des logiques scientifiques et entrepreneuriales, soit d'intégrer au sein du champ académique des intérêts qui lui sont exogènes, c'est-à-dire, portés par des acteurs des champs politique et économique (Musselin 2008).

La réforme de l'université analysée par Clark (1998) regroupe cinq principes. Si leur importance relative peut varier selon les contextes, il s'agit de reprendre ici ce qui constitue un *minimum irréductible et commun* aux cinq institutions étudiées par Clark¹⁸³ (1998). Premièrement, *the strengthened steering core*, soit un renforcement de la direction incluant un groupe de management central et les départements académiques dans l'objectif de rendre les universités plus « rapides », plus « flexibles » et plus « réactives ». Deuxièmement, *the expanded developmental periphery* consiste à renforcer les partenariats avec la sphère industrielle et privée, favoriser les transferts de connaissances et développer des centres de recherche orientés vers des projets interdisciplinaires tout en maintenant les départements de recherche traditionnels. Le troisième principe consiste à diversifier les fonds de financements (*the diversified funding base*). Afin fournir aux universités l'augmentation des fonds dont elles ont besoin, il s'agit de renforcer à la fois les demandes de subventions et les contrats de recherche mais également de diversifier la provenance des fonds en les élargissant à la sphère privée, aux fondations philanthropiques ainsi qu'aux revenus des droits de propriété intellectuelle. Le quatrième principe, *the stimulated academic heartland*, implique l'intégration des départements de recherche à la réforme de management en devenant eux-mêmes des unités fonctionnant selon un système entrepreneurial. En d'autres termes, si ces *basic units* demeurent les espaces centraux de la production académique, il est nécessaire qu'un travail s'opère au sein même de ces unités pour adapter les logiques académiques et disciplinaires aux logiques entrepreneuriales. Enfin, le dernier principe, *the integrated entrepreneurial culture*, reflète l'intégration d'une « nouvelle culture » tournée vers l'innovation qui s'enracine dans le développement d'une « identité » institutionnelle rejoignant l'enjeu de visibilité dans les classements internationaux (*ranking*).

Le modèle de l'université entrepreneuriale renvoie ainsi à deux dynamiques conjointes. D'une part, une dynamique d'*académisation*, soit un renforcement des logiques scientifiques et, d'autre part, une

¹⁸³ University of Warwick (UK), University of Twente (NL), University of Strathclyde (UK), Chalmers University of Technology (SWE), University of Joensuu (FIN).

dynamique de renforcement des liens avec le secteur privé et l'intégration de logiques *entrepreneuriales* au sein des institutions académiques traditionnelles. L'objectif de ce chapitre est de comprendre l'impact de ces deux dynamiques sur le profil et les carrières des professeurs en les replaçant dans le contexte de globalisation de l'enseignement supérieur (Musselin 2009, Lamy et Shinn 2006, Barrier 2011, Fumasoli et al. 2015, Brechelmacher et al. 2015, Goastellec & Benninghoff 2011). En Suisse, l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) est un excellent exemple d'une telle dynamique de transformation. L'EPFL semble en effet avoir adopté, depuis les années 2000, un modèle correspondant à celui décrit par Clark (Aebischer & Ricci 2006). De plus, l'EPFL ayant développé des liens avec la sphère extra-académique déjà avant cette transition, cette étude de cas permet d'aborder la question du renforcement et des transformations de la forme de ces liens ainsi que leur impact sur les carrières des professeurs en comparant trois phases de développement de l'institution. L'analyse des trajectoires biographiques entre sphère académique et secteur privé permet en effet non seulement d'aborder l'impact des changements récents sur les carrières mais également de porter la focale sur l'accumulation et le transfert des ressources scientifiques et extra-académiques qui structurent l'espace des professeurs. Dans ce chapitre, nous intégrons une dimension supplémentaire dont nous ne disposons pas dans le reste de la thèse : celle du capital économique mesuré par l'occupation de fonctions non exécutives au sein des conseils d'administration des firmes privées, des mandats exécutifs de direction et des participations aux start-up, qui vient compléter la définition du capital extra-académique.

Dans un premier temps, nous reviendrons sur ce qui fait la spécificité des hautes écoles techniques : l'articulation entre des logiques scientifiques et le développement de liens avec le secteur privé. Nous en présenterons ensuite les principales transformations récentes en nous focalisant sur trois aspects : l'académisation, les transformations des liens avec le secteur privé et les conséquences de ces deux dynamiques sur les carrières académiques. Ensuite, sur la base d'un échantillon complet comprenant les trajectoires et les ressources de tous les professeurs de l'EPFL, nous chercherons à comprendre l'impact de ces changements sur le profil et les carrières du corps enseignant. Nous mobiliserons à nouveau l'analyse de séquences (SA) et l'analyse des correspondances multiples (ACM) comme des méthodes complémentaires pour mettre en lien les carrières et la distribution des ressources entre les professeurs.

1.1 Recherche *fondamentale* et *appliquée* : les hautes écoles techniques entre logiques scientifiques et entrepreneuriales

En Suisse, les écoles polytechniques fédérales occupent une position particulière dans le champ académique. Fonctionnant comme interfaces entre sphères académique et privée, elles se distinguent des universités cantonales par les liens importants qu'elles entretiennent avec l'industrie helvétique, notamment en fournissant des enseignements pratiques adaptés aux besoins de l'industrie (Gugerli et al. 2010). Historiquement, ces liens se développent d'abord avec l'École polytechnique fédérale de Zurich (EPFZ), fondée en 1854, et beaucoup plus tardivement avec l'EPFL, qui obtient le statut d'école polytechnique fédérale en 1969. Une particularité des écoles polytechniques par rapport aux universités réside dans le fait qu'elles réunissent différentes disciplines traditionnellement décrites comme « appliquées », plus orientées vers les besoins du secteur privé et plus poreuses aux logiques extra-académiques que les disciplines « pures ». Si elles ne possèdent pas de faculté de médecine, elles sont les seules à compter des facultés de sciences de l'ingénieur, d'architecture et de sciences informatiques. D'un autre côté, les EPF réunissent également des facultés de sciences fondamentales, telles que la chimie et la physique. Cette coexistence entre disciplines « pures » et « appliquées » participe à réduire les tensions entre science et industrie et peut faciliter le développement de logiques

entrepreneuriales (Barrier 2014). Les acteurs des transformations récentes des politiques institutionnelles des universités, et particulièrement dans le cas de l'université entrepreneuriale, sont porteurs d'un discours proposant d'abandonner cette distinction historique, en affirmant que les mélanges sont possibles, et même nécessaires (Gibbons & Johnston 1974, Gibbons et al. 1994, Clark 1998). Certaines disciplines traditionnellement décrites comme *autonomes* peuvent ainsi être amenées à produire plus librement pour des agents externes au champ scientifique, comme c'est par exemple le cas de la biologie. L'une des caractéristiques de la biologie récente et plus largement des sciences de la vie en général est justement qu'elles combinent une forte autonomie scientifique et des applications dans la sphère industrielle et privée.

La coexistence des logiques scientifiques et entrepreneuriales pose conjointement la question de l'évolution du degré d'autonomie des disciplines et des transformations récentes des liens avec le secteur privé. Les liens entre les différents champs évoluent et ne sont pas fixés a priori mais dépendent du contexte et des disciplines (Gingras 2012). Pour Bourdieu, les disciplines se distinguent selon leur degré d'autonomie dans le champ scientifique, soit leur degré de porosité aux logiques externes au champ (Bourdieu 1976, 2001). Dans le cas des disciplines « pures » qui en constituent le pôle *autonome*, les agents du champ scientifique produisent pour d'autres agents du même champ. L'évaluation des résultats de la recherche se fait « par les pairs » et s'ancre dans des logiques disciplinaires. Dans le cas des disciplines « appliquées » qui constituent par extension le pôle *hétéronome* du champ scientifique, les produits de la recherche sont davantage marqués par des logiques d'évaluation par le marché et de garantie de propriété intellectuelle (Aggeri et al. 2007). Les agents produisent pour une consommation externe, par exemple des agents du champ économique, comme dans le cas des applications industrielles ou pharmaceutiques des biotechnologies.

Dans cette première partie, nous chercherons à replacer le modèle de l'université entrepreneuriale dans le contexte plus large des transformations récentes de l'enseignement supérieur. Il s'agira de comprendre dans quelle mesure la transition vers un modèle entrepreneurial suit une logique de « rupture » ou s'il s'agit plus d'une adaptation à la marge de logiques structurelles préexistantes, ancrées dans les dynamiques du champ scientifique. Nous aborderons d'abord les dynamiques d'académisation, puis la transformation des liens avec le secteur privé et les logiques entrepreneuriales. Dans un troisième temps, nous développerons l'impact de ces transformations structurelles sur le profil et les carrières des professeurs. Enfin, nous présenterons les trois hypothèses qui structurent le chapitre.

1.1.1 Académisation et renforcement des logiques scientifiques

La première dimension est celle de l'académisation, ou du renforcement des logiques scientifiques¹⁸⁴. La question de l'académisation est au centre d'une opposition entre deux modèles théoriques. Selon

¹⁸⁴ La notion d'académisation telle que nous la mobilisons regroupe deux aspects. Premièrement, elle décrit un mouvement de développement des logiques propres au champ scientifique dans son pôle le plus *autonome* : la généralisation de l'importance accordée aux titres universitaires (notamment le doctorat), l'inscription des cursus de formation dans les académies et la diminution de l'intérêt pour les curriculums locaux au profit d'une valorisation de l'expérience internationale. Deuxièmement, cette académisation se trouve à plusieurs niveaux : le niveau institutionnel (les transformations de l'EPFL vers une sensibilité plus forte aux logiques autonomes du champ scientifique) et le niveau des disciplines (des disciplines traditionnellement « appliquées » sont intégrées aux « étapes » traditionnelles des cursus académiques et l'expérience professionnelle devient moins facilement transférable dans l'accès aux positions de professeur). Ce lien entre académisation et disciplines rappelle la notion de *fondamentalisation* telle qu'elle est abordée par Castonguay (2004 et 2005b) lorsqu'il analyse la manière dont l'entomologie économique s'est progressivement déplacée d'une activité essentiellement de contrôle des insectes nuisibles dans le domaine agricole dans le cadre de services gouvernementaux vers une dimension plus analytique et un développement de la discipline au sein d'institutions académiques, notamment Harvard, Columbia et l'Université de Pennsylvanie (Castonguay 2005b : 12). Il parle alors d'un mouvement de *fondamentalisation* d'une science

une logique de champ, le capital scientifique s'oppose au capital économique, donc une académisation aura pour conséquence une diminution de l'importance relative des ressources extra-académiques. Selon le modèle de l'université entrepreneuriale, il s'agit au contraire de les réunir pour dépasser les frontières entre académie et monde privé. Pour Clark (1998), il s'agit de renforcer la recherche au sein des départements et de développer l'interdisciplinarité (*the stimulated academic heartland*) dans le but d'augmenter la légitimité scientifique de l'institution dans son ensemble au sein du champ académique et de favoriser la production d'un savoir scientifique « de pointe » par des chercheurs « compétents » (Aebischer & Ricci 2006). D'un autre côté, ce renforcement des logiques scientifiques s'accompagne d'une adaptation aux critères d'évaluation des classements (*ranking*) en favorisant l'intégration d'une logique plus managériale au sein des départements de recherche. Nous traiterons d'abord ici des logiques d'académisation, puis des liens avec le secteur privé dans la partie suivante.

L'académisation renvoie au renforcement des logiques scientifiques, soit aux normes qui confèrent aux agents leur légitimité scientifique. La notion de champ scientifique définie par Bourdieu (1976) permet d'aborder ces normes de manière structurelle et dynamique. Le champ scientifique est caractérisé par des structures qui orientent les pratiques scientifiques et qui sont déterminées par le volume et la structure des capitaux détenus par les agents du champ (Bourdieu 2001). L'état de la lutte de définition des frontières de la science et des disciplines est déterminé par l'état des rapports de force entre les agents dominants et dominés du champ. Le capital scientifique qui confère aux agents leur autorité scientifique fonctionne d'abord comme un capital symbolique de reconnaissance « par les pairs » qui produit un effet de fermeture du champ (Bourdieu 2001 : 113). Cette « reconnaissance par les pairs » génère alors une forme de capital symbolique qui, lui-même, « donne accès à des ressources matérielles (instruments) et économiques (embauche d'assistants, achats de produits, etc.) qui augmentent les chances de faire des découvertes importantes, générant en retour davantage de capital symbolique (distinctions honorifiques) et de capital social de relations utiles dans le champ scientifique ou dans d'autres champs sociaux » (Gingras 2013 : 74). L'académisation est donc un processus de renforcement des logiques scientifiques qui induit une montée en importance des ressources scientifiques. Ainsi, le processus d'académisation selon le modèle de Clark (1998) est à la fois une stratégie de repositionnement dans le champ académique dans le but d'augmenter la légitimité scientifique d'une institution, mais également une manière d'y intégrer des logiques entrepreneuriales, soit de participer à la redéfinition des frontières du champ scientifique qui séparent la science « pure » de la science « appliquée »¹⁸⁵.

Nous retenons ici trois dimensions de l'académisation : l'importance du doctorat comme ressource d'accès aux positions académiques, l'introduction du modèle de *tenure-track* et l'internationalisation des ressources scientifiques. La première dimension concerne la hausse du niveau de formation des professeurs, soit le fait de détenir ou non un doctorat. L'augmentation de l'autonomie scientifique implique que le titre de doctorat devienne une condition nécessaire d'accès au champ, fonctionnant comme « preuve » de la maîtrise des outils de la discipline (Gingras 2012 : 290). Cette sanction de

appliquée pour montrer comment la résolution de problèmes « pratiques », qui constituent l'objet premier de la science appliquée, se transforme pour se formuler en termes d'objets de recherche et suivre une logique traditionnellement accordée aux sciences *fondamentales* par l'établissement et la manipulation de problèmes causaux et de la substitution d'outils conceptuels aux règles qui ont alimenté les techniques d'un domaine appliqué » (Castonguay 2005b : 2). L'entomologie ne *devient* pas une science fondamentale, puisque les activités de recherche restent orientées vers un objectif pratique (lutter contre la nuisance des insectes et protéger les cultures), mais elles se mènent conjointement avec la production d'une connaissance plus fondamentale et générale (comprendre des phénomènes biologiques et physiologiques des insectes) (Castonguay 2005b : 21).

¹⁸⁵ « Tout porte à croire que le véritable enjeu des discours récents sur la commercialisation des résultats de la recherche universitaire est moins le bénéfice économique potentiel que l'on fait miroiter aux universités, qui cherchent désespérément des revenus, que le rôle dévolu à ces institutions dans la réorganisation des rapports sociaux qui fondent l'économie dite du savoir » (Malissard et al. 2003 : 66).

spécialisation en quelque chose héritée du modèle allemand (Abbott 2016 : 199) est particulière au modèle disciplinaire et s'oppose aux logiques plus professionnelles (au sens de Hughes 1937) qui caractérisent les écoles polytechniques dans lesquelles le doctorat n'apparaît traditionnellement pas comme une condition nécessaire pour l'obtention d'un poste (Gugerli et al. 2010). Une augmentation de la proportion de professeurs détenteurs d'un titre de doctorat peut ainsi fonctionner comme indicateur d'académisation pour les disciplines « appliquées ». Musselin (2010 : 81) relève cependant le développement croissant d'une distinction entre un doctorat « académique » et un doctorat « professionnel ». Si le second répond aux mêmes exigences académiques que le premier, il est plus en lien avec les problématiques d'un groupe professionnel donné. Le profil des candidats au doctorat est également un peu différent, étant notamment caractérisé par une activité dans la sphère privée en parallèle du travail de thèse.

Deuxièmement, ce « réarmement scientifique¹⁸⁶ » implique une certaine définition de l'excellence scientifique passant notamment par le recrutement de chercheurs « stars » et le recrutement de professeurs par des méthodes « moins crispées sur la notation, plus diversifiées, plus attentives aux sujets que celles qui sont ordinairement pratiquées » (Paradeise & Crow 2009 : 122). L'une des particularités de ce modèle est l'introduction du poste de *tenure-track*¹⁸⁷, ayant pour objectif de combler le fossé existant entre les contrats à durée fixe des professeurs assistants et les postes de professeurs stabilisés en introduisant « a trial period from assistant to associate and full professor based on the fulfillment of certain previously outlined qualification requirements » (Brechelmacher et al. 2015 : 23). Pour Aebischer et Ricci (2006 : 186), le développement du modèle de *tenure-track* a pour but de fournir aux jeunes scientifiques l'autonomie et la liberté académique de développer leurs propres recherches et enseignements et fait partie intégrante de la stratégie de l'excellence.

Troisièmement, le processus d'académisation s'accompagne de transformations structurelles liées à l'internationalisation du champ scientifique¹⁸⁸ qui renforcent la concurrence sur le marché académique (Goastellec & Pekari 2013). D'une part, l'importance croissante du principe d'évaluation selon des classements internationaux comme outil marketing des universités renforce des logiques de concurrence entre les institutions, de même que les politiques de recrutement du personnel académique (Gingras 2014 : 98). D'autre part, la capacité à réunir des ressources scientifiques et internationales s'avère de plus en plus importante pour l'accès aux institutions académiques (Rossier et al. 2015 : 121). Contrairement au secteur des entreprises qui reste ancré dans des cadres nationaux (Hartmann 2016), l'internationalisation des sciences renforce l'autonomie du champ scientifique et donc la concurrence au sein du champ, de même qu'elle diminue l'ancrage local de la production du savoir (Gingras 2002 : 33). Elle a aussi pour conséquence de favoriser les centres de recherche comme lieux de production scientifique au détriment des départements disciplinaires traditionnels. Le degré d'internationalisation n'est cependant pas uniforme, l'importance relative des ressources internationales variant selon l'ancrage « local » ou plus internationalisé des disciplines. L'internationalisation renforce ainsi la concurrence dans le champ académique en créant une hiérarchie entre les différents pays impliquant que toutes les expériences et les réseaux développés à l'étranger ne se valent pas (Bühlmann et al. 2013 : 216). Ces différents aspects de l'internationalisation ont des effets sur les carrières qui seront développés plus loin.

¹⁸⁶ En référence à Paradeise (2009 : 121) qui parle de « course aux armements » pour décrire les « comportements opportunistes gouvernés par les critères de classement ».

¹⁸⁷ En référence au modèle américain, le terme *tenure-track* désigne les postes qui permettent l'accès à la *tenure*, soit un poste stabilisé « quasi inamovible » (Musselin 2010).

¹⁸⁸ Gingras (2002) relève trois formes spécifiques : la circulation des personnes, des textes et des objets, le mode de production du savoir et le financement de la recherche. Cet aspect « polymorphe » de l'internationalisation est notamment développé par Goastellec et Pekari (2013).

1.1.2 Logiques entrepreneuriales et liens avec le secteur privé

La deuxième dimension du modèle de l'université entrepreneuriale est celle du développement des collaborations avec le secteur privé et des logiques entrepreneuriales au sein des institutions de recherche. Dans le modèle de Clark (1998), le développement de liens avec le secteur privé passe principalement par deux principes : la recherche de financements extra-académiques (*the diversified funding base*) et le renforcement des partenariats avec la sphère industrielle et privée (*the expanded developmental periphery*). Ces partenariats peuvent prendre plusieurs formes, telles que des centres de recherche par « projets » destinés à fournir des résultats directement applicables dans la sphère privée et au sein desquels les scientifiques collaborent avec les acteurs des champs économique et politique. Une autre forme récente des liens entre sciences, innovation et industrie est la valorisation des résultats de la recherche par les start-up. Ce lien étroit entre la création de centres de recherche, la valorisation des résultats de la recherche sous forme de start-up/*spin-off* et de création de droits de propriété intellectuelle a pris son essor dans les années 1980 autour des secteurs des technologies de l'informatique et des biotechnologies (Gaudillière 2015 : 96).

Ces nouvelles formes de collaborations entre science et secteur privé peuvent être associées à la figure du *chercheur entrepreneur* qui, schématiquement, succède au *chercheur industriel* ayant prévalu durant la majeure partie du siècle (Gaudillière 2015). Pour Owen-Smith et Powell (2004), le *chercheur entrepreneur* est typique de la modification du profil des chercheurs engendrée par le développement récent de la commercialisation des résultats de la recherche, vers des chercheurs « stars » étant également les plus fortement investis dans le développement de start-up. La seconde figure incarne une forme de liens illustrée par l'histoire des laboratoires *in-house* de grandes firmes notamment chimiques et pharmaceutiques. Dans ce modèle qui prévaut environ des années 1920 aux années 1980, la majorité de la production de la connaissance en termes de recherche « appliquée » se concentre dans les laboratoires de recherche et développement (R&D) des grandes firmes et témoigne d'un ancrage des carrières de recherche dans la sphère privée. Le modèle du *chercheur entrepreneur* incarne le tournant majeur de la période récente où la recherche « appliquée » se reconcentre au sein des universités. Dans le cas des écoles polytechniques, cette distinction n'est pas aussi marquée, puisqu'elles pratiquent une recherche « appliquée » et entretiennent des liens forts avec l'économie privée durant l'entier du xx^e siècle. Cela n'exclut cependant pas que les formes des liens aient pu subir des transformations. En lien avec les dynamiques d'académisation, il est probable qu'un modèle de recrutement « classique » de professeurs ayant de l'expérience dans le secteur privé laisse progressivement place au recrutement de professeurs à fort capital scientifique qui créent ensuite des start-up/*spin-off* pour valoriser leurs recherches.

La deuxième particularité du modèle de Clark (1998) est la place centrale donnée aux « projets » interdisciplinaires au cœur du développement des partenariats extra-académiques¹⁸⁹. De tels projets sont définis comme la collaboration entre les disciplines autour de domaines clés dans le but de fournir des résultats concrets aux acteurs économiques et industriels (Aebischer & Ricci 2006 : 186). Le développement de « project-oriented research centers that grows alongside departments as a second major way to group academic work » (Clark 1998 : 6) apparaît comme un aspect typique du lien entre académisation et développement des logiques entrepreneuriales. En effet, les disciplines bénéficiant d'un fort degré de légitimité scientifique, à l'instar des sciences de la vie et de l'ingénierie médicale, sont aussi celles qui sont souvent présentées comme cas d'école de rupture des frontières entre sciences « pures » et « appliquées » (Aggeri et al. 2007). Les sciences de la vie possèdent la double caractéristique d'être à la fois interdisciplinaires et tournées vers la production de résultats valorisables dans la sphère privée. Dans la continuité des biotechnologies, elles en partagent la

¹⁸⁹ Pour un résumé des théories de l'articulation entre science et innovation, voir Bonneuil & Joly (2013 : 21-36).

caractéristique principale en tant que domaine proprement appliqué des sciences biologiques¹⁹⁰ (Morange 2016, Leresche et al. 2012), notamment dans le domaine du biomédical (Benninghoff et al. 2014).

Cependant, cette promotion de la recherche par projet semble autant un moyen de répondre aux nouvelles demandes du secteur privé qu'une stratégie de positionnement au sein du champ scientifique. « A cet égard, aujourd'hui figure obligée de la programmation scientifique, l'interdisciplinarité est devenue un support important pour ces alliances qui tirent parti de la croyance partagée dans sa contribution à l'innovation » (Paradeise et al. 2015 : 22). Les acteurs de l'université entrepreneuriale se font ainsi les promoteurs de l'interdisciplinarité comme un moyen de « casser les murs » entre des silos disciplinaires mal construits pour aborder les « questions par essence interdisciplinaires de notre temps » (Paradeise & Crow 2009 : 120). Plus largement, il apparaît que l'interdisciplinarité est fortement reliée aux pressions des institutions de financement de la recherche et à l'attente de retombées des résultats de la recherche hors du champ scientifique de la part des acteurs externes au champ académique (Prud'homme & Gingras 2015). En ce sens, les projets interdisciplinaires sont autant caractérisés par les disciplines qui les composent que par un aspect plus « appliqué » du point de vue des résultats de la recherche¹⁹¹.

Nous avons cherché à montrer les dynamiques d'académisation et de transformation des liens avec le secteur privé. Nous abordons maintenant les conséquences de ces développements sur les carrières.

1.2 Les conséquences des transformations sur les carrières des professeurs : trois hypothèses

Les réformes du système de l'enseignement supérieur ont des conséquences sur les carrières autant sur « les « étapes » institutionnelles des carrières (position au sein de l'université) que les critères à remplir pour accéder à une position supérieure dans le champ académique » (Goastellec & Benninghoff 2011 : 131). Le mouvement de professionnalisation des carrières académiques se traduit par une formalisation des règles et une harmonisation des procédures de recrutement qui s'accompagne d'une standardisation des étapes de la carrière, notamment dans les postes en pré-titularisation (Goastellec & Benninghoff 2011). Nous l'avons vu, le doctorat devient une condition quasi obligatoire pour débiter une carrière académique. Ensuite, on assiste à la généralisation des positions de postdoctorat, de contrats à durée fixe et de postes financés par des fonds externes (Fumasoli et al. 2015 : 205). Ces transformations formelles et l'augmentation de la concurrence à toutes les étapes de la carrière académique ont deux conséquences principales : un allongement de la période de pré-stabilisation ainsi qu'une précarisation des conditions de travail et d'engagement (Fumasoli & Goastellec 2015a, Brechelmacher et al. 2015).

L'analyse des carrières permet de dégager, au travers des trajectoires des professeurs, la structure, la composition et la temporalité d'acquisition de ressources scientifiques et extra-académiques. En ce sens, un focus sur les carrières permet de souligner quel type et quel volume de ressources sont légitimes pour accéder au poste de professeur, ainsi que les étapes (académiques ou extra-

¹⁹⁰ Selon l'*European Federation of Biology*: « the integration of natural sciences and engineering science in order to achieve the application of organism, cells, parts thereof, and molecular analogs for products and services » (Gugerli et al. 2010 : 348).

¹⁹¹ « Deux facteurs se combinent pour empêcher l'interdisciplinarité fondée sur des problèmes de modifier la structure disciplinaire : la stabilité du marché du travail universitaire et le fait que la « réalité est que la connaissance fondée sur des problèmes n'est pas suffisamment abstraite pour faire face à des connaissances transposables à différents problèmes [...] les études interdisciplinaires dépendant en dernier ressort de disciplines spécialisées, qui produisent des théories et méthodes nouvelles. L'interdisciplinarité présuppose l'existence des disciplines » (Abbott 2016 : 211).

académiques) à franchir pour atteindre un tel poste. En outre, les différents types de trajectoires peuvent être mis en lien avec les différentes disciplines et leurs évolutions dans le temps. En ce sens, l'analyse des carrières possède un double intérêt. D'une part, elle permet de comprendre l'impact de l'académisation et de l'économisation sur les trajectoires de recrutement des professeurs et sur leur profil. D'autre part, la comparaison historique de la structure et de la temporalité des carrières est en elle-même un indicateur de l'évolution de la structure du champ scientifique.

Afin d'analyser les carrières des professeurs entre sphère académique et secteur privé, nous retenons deux types de capitaux dominants : le premier est un capital de type *scientifique* tel que décrit par Bourdieu (1976), lié aux ressources acquises dans le cadre d'une carrière académique. Le second est un capital de type *extra-académique*, renvoyant directement à l'expérience pratique acquise au sein de la sphère privée pouvant ensuite être valorisée dans le champ académique. Cette première distinction nous permet de distinguer deux types de carrières basées sur le type de ressources accumulées. D'un côté, des carrières typiques du pôle *autonome* du champ scientifique suivant les étapes institutionnelles des carrières académiques. De l'autre, des carrières marquées par l'occupation de positions extra-académiques permettant l'acquisition de ressources dans le secteur privé pouvant être convertie pour l'obtention d'un poste de professeur du pôle *hétéronome*.

Dans le cas des écoles techniques et des sciences appliquées, le capital extra-académique peut également fonctionner comme expertise et constituer une ressource pouvant être convertie au sein d'une telle institution, notamment pour l'accès aux postes de professeur. Le processus d'accumulation de capitaux n'est pas linéaire, mais varie selon le type de capital (Bourdieu 2001), et l'accès aux différentes positions au cours de la carrière dépend non seulement du volume de ressources, mais aussi du moment et du rythme au cours desquels elles sont accumulées. Dans le cas des professeurs de sciences techniques, nous avons distingué deux types de temporalité, ou de rythme d'accumulation des ressources. Le premier type décrit un processus d'accumulation progressive, sous forme de « capitalisation » graduelle de ressources amenant une constitution progressive de capital. Le deuxième est marqué par une acquisition rapide de ressources dans les premières étapes de la carrière, permettant une conversion, au sens de Savage et al. (2005), directement en position de professeur.

Les transformations du système d'enseignement supérieur ont en effet pour conséquence de modifier la temporalité et le rythme des carrières académiques en favorisant une distinction entre, d'une part, des carrières plus longues et plus précaires et, d'autre part, des carrières d'« excellence » basées sur un mode organisationnel plus concurrentiel (Goastellec & Benninghoff 2011). Le principe de favoriser l'excellence académique par le recrutement de jeunes chercheurs particulièrement qualifiés tôt dans leur carrière sur le mode du *tenure-track* s'oppose au modèle classique de recrutement académique fortement relié aux chaires et caractérisé par un *turn-over* relativement faible (Schuster & Finkelstein 2008 : 163, Fumasoli et al. 2015). La période de *tenure-track* fonctionne alors comme un pont débouchant sur une stabilisation, évitant de fait une procédure de *call* ou de postulation plus tard dans la carrière. Le nombre de postes disponibles dans les premières étapes de la carrière, tels que les postes de postdoctorat ou de *tenure-track* reste cependant relativement faible et peut impliquer une fermeture des portes de l'université tôt dans la carrière (Brechelmacher et al. 2015).

L'internationalisation des ressources scientifiques renforce la distinction entre carrières d'excellence et carrières plus précaires. Nous l'avons montré, les ressources acquises à l'étranger peuvent favoriser l'accès aux postes académiques en début de carrière, fonctionnant ainsi comme ressource supplémentaire au capital scientifique. Nous pouvons cependant faire l'hypothèse que ce phénomène prendra plus d'importance dans le cas des disciplines du pôle « fondamental » que celles du pôle « appliqué », davantage marqué par les logiques d'accumulation au niveau local. Comme le montrent Brechelmacher et al. (2015), la mobilité internationale est une composante importante des

transformations récentes du champ académique. Elle est aussi une conséquence des transformations des logiques de recrutement. Le modèle qui définit l'excellence académique en référence aux performances en début de carrière se confronte au double problème de la compétition pour les postes de *tenure-track* et du manque de postes disponibles en début de carrière. La mobilité internationale fait alors office de marqueur d'excellence qui favorise le recrutement dans les premières phases de la carrière (Fumasoli et al. 2015). Brechelmacher et al. (2015 : 25) soulignent que, dans le cas suisse, la mobilité sur le long terme est particulièrement favorisée et fonctionne même comme une phase obligatoire durant l'étape postdoctorale.

Enfin, si l'académisation et le développement des liens avec le secteur privé amènent une transformation des carrières, les disciplines demeurent une dimension structurante de celles-ci. Le degré de standardisation des carrières est un indicateur de l'autonomie d'une discipline (Gingras 2012). Ainsi, un focus sur les types dominants de carrières est un moyen d'aborder la question de la légitimité des différents capitaux qui structurent le champ scientifique en fonction du volume et du type des ressources scientifiques et extra-académiques des professeurs. Comme le souligne Abbott (2016 : 239) : « Une discipline est toujours une convention provisoire. Pourtant, le modèle d'organisation disciplinaire, établi il y a plus de deux siècles, semble parfaitement durable. Il semble indissolublement lié au destin des universités ». Ainsi, si les sciences fondamentales sont marquées par une accumulation de capital scientifique au sein des institutions académiques, il est probable que les professeurs de sciences appliquées puissent toujours être nommés sur la base de leur capital extra-académique.

Si l'université entrepreneuriale cherche à reconfigurer les frontières entre science et industrie, les structures de carrières restent ancrées dans les contextes nationaux, institutionnels et disciplinaires (Fumasoli & Goastellec 2015a). Nous pouvons argumenter que la transition vers un modèle de type entrepreneurial participe à modifier le profil et les carrières des professeurs dans leur *forme*, c'est-à-dire dans les postes occupés et les ressources associées, mais qu'il n'est en revanche pas certain qu'elle participe à transformer radicalement la *structure*, c'est-à-dire l'opposition entre science « pure » et « appliquée ». L'objectif général est de comprendre dans quelle mesure les professeurs des sciences « appliquées » sont également ceux qui concentrent le plus de ressources extra-académiques ou si le mouvement d'académisation participe réduire à l'importance de cette distinction. Nous formulons trois hypothèses qui structurent notre recherche.

1. Des professeurs plus « scientifiques » et plus internationaux (H1). Suivant la dynamique d'académisation, nous faisons l'hypothèse d'un changement général vers un profil plus académique, traduit par une montée en importance des carrières académiques. Le processus de standardisation des parcours académiques et l'introduction du modèle *tenure-track* renforcent la distinction entre, d'une part, des carrières d'excellence et, d'autre part, des carrières d'accumulation marquées par un allongement de la période de pré-stabilisation. L'internationalité mesurée par la présence de professeurs étrangers et les doctorats à l'étranger vient renforcer le capital scientifique.

2. Des chercheurs plus « entrepreneurs » (H2). L'adoption de logiques entrepreneuriales participe à dévaloriser un modèle basé sur la conversion de ressources extra-académiques acquises dans la sphère privée avant la stabilisation, mais renforce le modèle de *commercialisation* des résultats scientifiques sous la forme de création de start-up après la nomination. Nous pouvons faire l'hypothèse que le changement dans les formes des liens extra-académiques n'empêche pas une permanence des profils classiques en termes d'opposition entre sciences « fondamentales » et « appliquées ». En ce sens, bien que la figure du chercheur *entrepreneur* et celle du chercheur *industriel* caractérisent des profils différents, on peut faire l'hypothèse qu'elles regroupent des positions similaires dans l'espace scientifique en termes de ressources et de disciplines.

3. La détention de ressources scientifiques et extra-académiques reflète des logiques disciplinaires (H3). Si les mouvements d'académisation et d'*économisation* participent à transformer les profils et les carrières des professeurs, on peut faire l'hypothèse d'une relative stabilité de l'opposition entre science « pure » et « appliquée », le capital scientifique restant dominant pour les premières et le capital extra-académique restant plus valorisé pour les secondes. Dans le prolongement de cette hypothèse, on peut argumenter que l'encouragement de la recherche interdisciplinaire et l'*économisation* peuvent participer à relativiser les frontières de certaines disciplines, mais que cette dynamique ne peut s'observer que dans certaines fractions du champ.

2. Le cas de l'École polytechnique fédérale de Lausanne

Afin de tester les trois hypothèses développées ci-dessus, nous proposons de mener une étude de cas portant sur les professeurs de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) entre 1969 et 2010. Le cas de l'EPFL est en effet particulièrement relevant pour analyser l'impact des transformations d'une haute école technique sur le profil et les carrières du corps enseignant. Premièrement, elle est un très bon exemple d'application des principes de l'université entrepreneuriale telle que décrite par Clark (1998). Deuxièmement, sur le plan temporel, l'EPFL s'est transformée d'une école d'ingénieurs locale à l'une des institutions dominantes en Suisse dans un temps relativement court, permettant une analyse comparative par cohorte. Un troisième aspect rend cette étude de cas particulièrement intéressante : le fait que le renforcement des logiques entrepreneuriales soient accompagnées du développement des sciences de la vie, jusque-là absentes – ou presque – des recherches menées à l'EPFL¹⁹². La création d'une Faculté des sciences de la vie est en effet un marqueur fort d'une volonté de renforcer les collaborations disciplinaires et de favoriser le développement de ces formes de *couplages étroits* entre science et innovation (Aggeri et al. 2007).

Le profil récent de l'EPFL semble tout à fait refléter l'*Entrepreneurial University*, notamment en termes de diversification des fonds, de son placement dans les classements internationaux et la mise en avant des liens avec le secteur privé. En 2015, elle compte plus de 10'000 étudiants et 245 professeurs ordinaires et associés, alors que le nombre d'étudiants était quatre fois plus faible en 2000, ce qui témoigne d'une croissance très importante en termes d'effectifs¹⁹³. Du point de vue du financement, le site officiel de l'EPFL¹⁹⁴ indique une part de fonds propres de 67.7% pour l'année 2015, contre 32.3% de fonds tiers. Ces derniers sont majoritairement composés des financements du Fonds national suisse de la recherche scientifique (FNS), auxquels se rajoutent les financements de la CTI, des programmes européens, des offices de la Confédération, des mandats industriels ainsi qu'une catégorie « autres » incluant sponsoring, fondations, fonds désignés et réservés, congrès et post-formation. La part des fonds tiers est passée de 12.2% en 1982 à 16.5% en 1990, 21.3% en 2000, 27.9% en 2010 et 29.1% en 2015. Selon les classements recensés par le site officiel de l'EPFL, celle-ci figure dans le top 15 des universités mondiales et dans le top cinq des universités européennes. Enfin, les relations avec le secteur privé sont également mises en avant, le site officiel faisant état de 210 start-ups fondées par des membres de l'EPFL de 2000 à 2015 et, pour cette dernière année, de 157 annonces d'inventions et 88 dépôts de brevets¹⁹⁵. Enfin, l'*EPFL Innovation Park* accueille actuellement plusieurs entreprises

¹⁹² Bilan 24.05.2014 « L'EPFL rêve d'une « Health Valley » au bord du Léman.

¹⁹³ <http://information.epfl.ch/chiffres-detailles> (14.11.2016)

¹⁹⁴ <http://information.epfl.ch/chiffres> (14.11.2016)

¹⁹⁵ Bien que les brevets eussent été un très bon indicateur du degré de commercialisation de la recherche et des liens entre l'EPFL et le secteur privé, nous n'en traitons pas dans le présent travail. Des choix ont été nécessaires et nous avons décidé de privilégier l'analyse des carrières et de conceptualiser les liens entre l'EPFL et le secteur privé sur la base des positions

telles qu'Axa Technology Services, Credit Suisse, Logitech, Siemens, Merck-Serono ou encore Nestlé aux côtés des nombreuses *spin-off* créées par des membres du corps académique.

L'histoire de l'EPFL a fait l'objet de deux monographies collectives axées sur les moments phares du développement de l'institution. La première, dirigée par Maurice Cosandey (1999), se consacre à la période de 1953 à 1978. La seconde, dirigée par Michel Pont (2010), traite de la période de 1978 à 2000. Contrairement au travail de Gugerli et al. (2010) consacré au cas de l'EPFZ, ces deux contributions font plutôt figure de plaquettes commémoratives et sont dirigées ou codirigées par des anciens présidents de l'école. L'ouvrage dirigé par Pont donne cependant un bon aperçu des enjeux importants dans les années 1990, tandis que l'ouvrage de Cosandey, plus détaillé, retrace la période de transition au statut d'école polytechnique fédérale. Ce dernier traite également de manière approfondie du développement des départements et des enseignements. La période récente est traitée par Leresche et al. (2012) sous l'angle des collaborations entre les différentes institutions de l'arc lémanique. Plus largement, le cas de l'EPFL est mentionné dans des contributions traitant des relations entre l'Etat et les sciences, comme par exemple Benninghoff et Leresche (2003) et Joye-Cagnard (2010).

Nous avons choisi de découper l'histoire de l'EPFL en trois phases correspondant à trois étapes de son développement. La première couvre la période de 1969 au début des années 1980 et représente les premiers pas de l'institution en tant qu'école polytechnique fédérale autonome. La seconde, de 1980 à 2000, décrit une première phase d'expansion et de consolidation marquée notamment par le recentrement sur les sciences de l'ingénieur et le renforcement des collaborations avec les autres institutions académiques et la sphère privée. Enfin, la troisième phase (2000-2010) témoigne des réformes instaurées par l'adoption d'un modèle plus entrepreneurial.

Première période : 1969-1980

La première période couvre la première phase de développement de l'EPFL en tant qu'école polytechnique fédérale autonome. Lors de sa fondation en 1853 sous le nom d'Ecole spéciale de Lausanne, elle regroupe quatre domaines d'enseignement : le génie civil, la mécanique industrielle, l'électricité industrielle et la chimie générale et organique (Pont 2010). Elle est reprise par l'Académie de Lausanne en 1869 puis intégrée comme section de la faculté des sciences de l'Université de Lausanne en 1890. En 1940, elle est ensuite détachée de la faculté des sciences et prend le nom d'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne (EPUL) en 1946. Ce processus d'autonomisation progressive

professionnelles occupées par les professeurs au sein des deux sphères. Dans une approche d'histoire industrielle, les brevets peuvent, au travers des informations qu'ils contiennent, telles que le nom et la situation géographique des inventeurs, servir de source pour analyser le rôle du développement de nouvelles technologies dans la production industrielle et la marchandisation de certains résultats de la recherche (Donzé 2013). Les Ecoles polytechniques fédérales tiennent une place importante dans le transfert de technologies et de connaissances (Donzé 2018) et l'analyse des brevets déposés par les professeurs pourrait par exemple montrer le rôle qu'a pu jouer l'institution dans les transformations du domaine de l'industrie de la santé, autant au niveau de la production (de médicaments, de biotechnologies, de matériel médical, etc.) que des infrastructures et des services (Donzé & Fernández Pérez 2019). La Suisse domine le classement européen de dépôt des brevets (le pays est le plus grand déposant par rapport à sa population avec 956 demandes de brevets par million d'habitants en 2018. Source : <https://www.polymedia.ch/RP/Articles/view/1438>, consultée le 21 novembre 2019). A l'EPFL, l'Office de transfert de technologies (OTT) est spécifiquement dédié à la gestion des demandes de protection des inventions. L'EPFL a par ailleurs créé la fondation iM4TB en 2013, soutenue à hauteur de 2.45 millions de dollars par la Fondation Bill et Melinda Gates, pour développer des médicaments contre la tuberculose. Source : <https://actu.epfl.ch/news/la-fondation-im4tb-recoit-245-millions-de-dollars>, consultée le 21 novembre 2019. Certains professeurs, à l'image de Michael Graetzel qui a donné son nom à des cellules photovoltaïques, possèdent un nombre important de brevets. Le site Google patents dénombre par exemple 69 brevets d'invention pour Graetzel, 94 pour l'ancien président de l'EPFL Patrick Aebischer, et 41 pour Martin Vetterli, son actuel président.

se termine par la création de l'EPFL en 1969. A cette date, l'École compte neuf départements : matériaux, mathématiques, architecture, chimie, physique, électricité, mécanique, génie rural et génie civil (Cosandey 1999 : 106).

Le nombre de professeurs à charge complète augmente pendant la période. Auparavant, les professeurs cumulaient généralement un poste académique avec une activité au sein d'une entreprise (Cosandey 1999 : 118). Les collaborations extra-académiques sont établies avec des entreprises locales, notamment des petites et moyennes entreprises (Cosandey 1999 : 159). L'école conjugue recherche appliquée et fondamentale, bien que Cosandey (1999 : 158) note que « dans la réalité, la séparation entre recherche fondamentale et recherche appliquée n'est pas aussi tranchée que le tableau ne le laisse apparaître ». La fin des années 1960 voit la création d'un comité industriel chargé de favoriser les relations entre l'EPFL et l'industrie (Pont 2010 : 70). Diverses firmes privées y sont représentées, telles qu'Alusuisse, Lonza, Bobst et Elektrowatt. A la fin des années 1970, l'EPFL effectue diverses tentatives de rapprochements avec les milieux économiques et politiques. En 1975, elle publie un rapport d'activité et un rapport scientifique qui, malgré leur distribution hors de la sphère académique, ne permettent pas l'instauration d'un dialogue. Entre 1978 et 1979, la Chambre vaudoise du commerce participe à l'établissement d'une liste de travaux susceptibles d'aboutir à des applications industrielles pour les départements d'ingénierie et de physique, mais qui ne suscite pas davantage de réactions de la part des milieux industriels (Cosandey 1999 : 158).

Deuxième période : 1980-2000

La deuxième période est caractérisée par un recentrement progressif sur les activités d'ingénierie et le développement notamment de la microtechnique et des sciences informatiques, laissant les formations théoriques à la charge de l'Université de Lausanne (Pont 2010 : 141). Le département d'informatique est créé en 1987, celui de microtechnique en 1990. Les collaborations avec l'Université de Lausanne et les autres institutions académiques se développent. Les années 1990 correspondent à une période de développement sur l'arc lémanique de la biologie et de la médecine, notamment de la génomique¹⁹⁶. Le développement des sciences de la vie et des biotechnologies comme valorisation sociale et industrielle de la biologie se profile comme enjeu de régulation politique depuis le début des années 1990, notamment sur la question des enjeux de santé publique (Leresche et al. 2012 : 214-215). La biologie n'est cependant pas prioritaire pour l'EPFL (Leresche et al. 2012 : 194). Bien que des collaborations avec l'industrie existent déjà depuis la période précédente, notamment par l'intermédiaire des professeurs, de financements privés du personnel de laboratoire et de financements de projets par le CERS (l'actuelle CTI), elles se développent de manière significative (Cosandey 1999). En 1986, un Centre d'appui scientifique et technologique (CAST) est créé pour servir de point de rencontre entre l'EPFL et les milieux économiques (Pont 2010 : 80). A cette époque, l'industrie devient le premier bailleur de fonds des projets portés par l'école, devançant le FNS (Pont 2010 : 98). Au tournant des années 1990, l'acquisition par l'EPFL d'une personnalité juridique lui permet davantage d'autonomie¹⁹⁷. D'une part, le pouvoir du président est étendu (Pont 2010 : 104) et, d'autre part, elle est en mesure de valoriser les résultats de recherche de ses membres hors de la sphère académique à son propre titre. Auparavant, les résultats des mandats de recherche appartenaient au mandataire, c'est-à-dire que la propriété intellectuelle d'une recherche financée par une entreprise appartenait à celle-ci et que l'EPFL s'efforçait de valoriser ses propres recherches en suscitant l'intérêt des milieux économiques (Pont 2010 : 71).

¹⁹⁶ Pour une étude de ces transformations, voir Leresche et al. (2012).

¹⁹⁷ Voir la Loi fédérale sur les écoles polytechniques fédérales de 1991 (414.110 - RO 1993 210).

Le premier parc scientifique de Suisse¹⁹⁸ est inauguré en 1993 sous le nom de Parc scientifique d'Ecublens (PSE), avec l'idée d'accueillir des « entreprises novatrices (start-up) dans le domaine des hautes technologies, en leur offrant un lien très fort avec l'EPFL » (Pont 2010 : 106). A la fin des années 2000, l'EPFL accueille au sein de ses infrastructures 47 entreprises dont 37 start-up fondées par des membres de l'école (Pont 2010 : 106). Le PSE, qui sera renommé *EPFL Innovation Park* en 2014, est une infrastructure typique du *science park model*, animé par l'idée que la connaissance scientifique amène plus ou moins directement une progression vers l'innovation technologique (Quintas et al. 1992 : 161). Les parcs scientifiques sont ainsi conçus comme un moyen pour les chercheurs de commercialiser les résultats de leurs recherches, et comme un lieu où les entreprises peuvent s'établir au plus près de l'accès à l'expertise académique. Ils sont au carrefour de trois composantes : le développement immobilier, les programmes d'organisation du transfert technologique et les partenariats entre les institutions académiques et le secteur privé (Link & Scott 2003). L'établissement de *spin-off* créées par des membres du personnel académique est l'un des indicateurs principaux des liens entre académie et secteur privé formés au sein de ces parcs (Quintas et al. 1992 : 165).

Troisième période : 2000-2010

La troisième et dernière période marque la réorientation de l'EPFL vers un modèle entrepreneurial et le développement des biotechnologies et d'ingénierie médicale. L'augmentation du personnel académique est particulièrement marquée en sciences de la vie, mais aussi en sciences de base, en informatique et en management. C'est également à cette période que l'EPFL est restructurée en un système hiérarchique à trois degrés : laboratoires, sections et facultés (Aebischer & Ricci 2006). Le tableau 6.1 résume cette restructuration.

Tableau 6.1 Equivalence de la nomenclature des départements et des nouvelles facultés

Nom	Facultés	Sections	Anciens Départements	Date de création
ENAC	Faculté de l'environnement naturel, architectural et construit (ENAC)	Architecture Ingénierie civile Ingénierie de l'environnement	Département d'architecture Département de génie civil Département de génie rural	1969 1953 1953
SB	Faculté des Sciences de Base (SB)	Chimie et génie chimique Mathématiques Physique	Département de chimie Département de mathématiques Département de physique	1969 1969 1969
SV	Faculté des Sciences de la Vie (SV)	Section des sciences et technologies du vivant (SSV)		2002
IC	Informatique et Communications (IC)	Informatique Systèmes de communication	Département d'informatique	1987
STI	Sciences et Techniques de l'Ingénieur (STI)	Génie électrique et électronique Génie mécanique Science et génie des matériaux Microtechnique Bioingénerie (IBI)	Département d'électricité Département de génie mécanique Département des matériaux Département de microtechnique	1953 1953 1969 1990
CDM	Collège du Management de la Technologie (CDM)	Management de la technologie Technologie et politiques publiques Ingénierie financière	Département de management – Unité hors département	2000
CDH	Collège des Humanités (CDH)	Sciences humaines et sociales Area and Cultural Studies		2002

Sources : Cosandey (1999), Pont (2010), epfl.ch. La faculté SV ne contient qu'une seule section divisée en 4 instituts : Neurosciences Brain Mind & Blue Mind (BMI), Infectiologie (GHI), Cancer (ISREC), et l'Institut interfacultaire de Bio-ingénierie (IBI) partagé avec la Faculté des STI.

¹⁹⁸ A titre comparatif, on dénombre 110 parcs scientifiques aux Etats-Unis en 1993 (Link & Scott 2003 : 1326) et 38 parcs scientifiques au Royaume-Uni en 1988 (Quintas et al. 1992 : 163).

La troisième période marque ainsi une diversification des disciplines et des facultés, de même que la création de centres de recherche interdisciplinaires en sciences de la vie. Bien que les facultés n'aient formellement été créées qu'en 2002, nous avons néanmoins choisi d'appliquer la même nomenclature à toutes les cohortes, car les nouvelles facultés correspondent au regroupement des départements antérieurs, distingués par disciplines. Nous avons identifié neuf disciplines en 1980, 11 en 2000 et 14 en 2010. Les deux principaux changements apparaissent avec la création du département d'informatique en 1988 et de microtechnique en 1990, puis avec la création de la faculté des sciences de la vie en 2002.

Elle marque aussi la généralisation des nominations de professeurs assistants en *tenure-track*. L'EPFL avait déjà commencé à développer ces postes non stabilisés, tels que les professeurs titulaires, les maîtres d'enseignement et de recherche et les professeurs assistants dans les années 1990. Mais c'est à partir de 2002 qu'est développée, conjointement avec l'EPFZ, une démarche visant à « octroyer à de jeunes talents sélectionnés sur une base compétitive au meilleur niveau international la liberté académique leur permettant de développer leur propre recherche et enseignement » (Rapport du CEPF, 2005). Ainsi, l'introduction de la *tenure-track* est définie comme « le droit pour un professeur assistant de faire évaluer ses prestations en vue d'une éventuelle nomination en qualité de professeur associé ou, exceptionnellement, en qualité de professeur ordinaire »¹⁹⁹ et s'inscrit dans un objectif de réforme des logiques de carrières traditionnelles vers une procédure simplifiée de l'identification de l'excellence (Aebischer & Ricci 2006 : 186). Le nombre de professeurs assistants augmente de 18 en 2000 à 70 en 2016. A cette date, 63 sont en *tenure-track* et seulement sept sont professeurs assistants sans *tenure-track*. L'augmentation très importante des professeurs assistants avec *tenure-track* (90%) est un indicateur assez clair de l'adoption par l'EPFL du système américain de pré-stabilisation, comme souligné par le président Patrick Aebischer lui-même (Aebischer & Ricci 2006).

3. Stratégie de recherche et données spécifiques au chapitre

Cette partie consacrée à la stratégie de recherche présente d'abord l'échantillon, puis les variables et les méthodes. Afin d'aborder la question de l'impact du modèle de l'*Entrepreneurial University* sur le profil et les carrières des professeurs de l'EPFL, nous nous appuyons sur une base prosopographique de l'ensemble des professeurs de l'EPFL (N=471) à trois dates : 1980, 2000 et 2010. La comparaison historique nous permet d'aborder la question de l'évolution du profil des professeurs et les modèles de carrières dominants, les transformations introduites par le modèle de l'*Entrepreneurial University* étant supposées se traduire pour la cohorte 2010. L'objectif de cette recherche est d'abord de comprendre les changements de l'académisation et des liens avec le secteur privé, puis de les replacer dans la structure d'opposition entre science « pure » et « appliquée ». Après un premier retour sur les tendances structurelles générales, nous procéderons à une analyse de séquences (SA) basée sur les étapes de carrière des professeurs pour comprendre l'impact de ces transformations sur les types de carrières et l'acquisition, accumulation et conversion, des ressources scientifiques et extra-académiques. Enfin, les données sur le profil et les carrières des professeurs sont intégrées dans une analyse des correspondances multiples (ACM) permettant de mettre en lien les profils et les types de trajectoires avec la structure des capitaux qui forme l'espace des professeurs. Cette stratégie de recherche axée sur le profil, les trajectoires et les ressources des professeurs nous permettra d'aborder les formes spécifiques des dynamiques d'académisation et de transformation des liens avec le secteur

¹⁹⁹ Source : Règlement concernant les professeurs assistants « tenure track » de l'EPFL (LEX 4.2.1) du 4 mai 2004.

privé et de les replacer dans la structure générale des oppositions du champ scientifique entre science « fondamentale » et « appliquée ».

3.1 Echantillon des professeurs de l'EPFL (1980-2010)

L'échantillon se compose de l'ensemble des professeurs ordinaires et associés actifs aux dates de 1980, 2000 ou 2010²⁰⁰, pour un total de N=471 professeurs. Les dates de 1980, 2000 et 2010 ont été retenues car elles correspondent aux trois périodes de l'histoire de l'EPFL décrites dans la partie précédente. L'échantillon pour 1980 et 2000 a été tiré de la base « Elites suisses ». La récolte de données pour l'échantillon 2010 a été réalisée spécialement pour ce chapitre, et ajoutée à la base. Si les professeurs pour les cohortes de 1980 et 2000 ont été identifiés dans les *Almanachs universitaires suisses*²⁰¹ des années correspondantes, de telles sources n'étaient pas disponibles pour 2010 et la cohorte a été constituée d'une autre manière. D'abord, par une première sélection des professeurs référencés sur le site internet de l'EPFL en 2015²⁰², puis les professeurs nommés après 2010 ont été retirés de l'échantillon, tandis que les professeurs nommés entre 2000 et 2010 ont été rajoutés. L'identification des nominations et départs a été faite au travers des communiqués du Conseil des Ecoles polytechniques (CEPF) disponibles en ligne²⁰³.

Tableau 6.2 Effectifs des professeurs par cohorte (N=471)

Cohorte	1980	2000	2010	Total
Effectifs	111	150	210	471

La récolte de données suit une logique basée sur la prosopographie. Pour chaque professeur, les informations suivantes ont été récoltées systématiquement : date de naissance, chaire ou discipline d'enseignement, faculté et institut, pays, lieu et date de la formation secondaire et du doctorat, sexe et nationalité. Ensuite, nous avons récolté des informations relatives à chaque année de la carrière académique et extra-académique : poste occupé, sphère d'activité (académique ou secteur privé), nom de l'entité (institution ou entreprise), pays, durée de la fonction. Afin de récolter systématiquement ces indicateurs, les sources suivantes ont été consultées : almanachs universitaires, l'annuaire des professeurs de l'EPFL 1990-1997, les communications du Conseil des EPF et le site internet de l'EPFL. Les informations manquantes ont ensuite été complétées par les CV des professeurs disponibles en ligne. Enfin, nous avons procédé à une collecte de données centrée spécifiquement sur les liens extra-académiques. Pour chaque professeur, nous avons retenu les positions exécutives et non exécutives au sein d'entreprises privées ainsi que de *spin-off* de l'EPFL²⁰⁴.

Afin de permettre la comparaison historique, les chaires et disciplines des professeurs ont été regroupées selon les facultés. La faculté ENAC regroupe l'architecture, le génie rural, le génie civil et les disciplines de l'environnement. La faculté IC comprend l'informatique et les systèmes de communication, le collège du management et de la technologie (CDM) les sciences du management et la faculté SB comprend les mathématiques, la physique et le génie chimique. La faculté STI est composée des sciences de l'ingénieur suivantes : génie électrique, mécanique, génie des matériaux et microtechnique. Enfin, la faculté SV comprend les sciences de la vie. Comme mentionné plus haut, ces

²⁰⁰ La position de professeur extraordinaire est substituée par celle de professeur associé dès 2002.

²⁰¹ Annuaire des universités et hautes écoles suisses (1980 et 2000), Berne, Suisse.

²⁰² Site : <http://recherche.epfl.ch/professeurs> consulté le 6 octobre 2015.

²⁰³ Site : <http://ethrat.ch>

²⁰⁴ L'identification des *spin-off* se base sur la liste des *spin-off* publiée sur le site de l'EPFL: http://vpi.epfl.ch/EPFL_Spin-offs (consultée la dernière fois le 26 février 2016). Les mandats dans les firmes privées et les *spin-off* ont fait l'objet d'une récolte systématique sur le site moneyhouse.ch.

facultés n'ont été créées à proprement parler qu'en 2002. Nous avons néanmoins choisi d'appliquer la même nomenclature à toutes les cohortes, car les nouvelles facultés correspondent au regroupement des départements antérieurs, distingués par disciplines. Par exemple, les départements de génie chimique, de mathématiques et de physique ont été réunis dans la faculté des sciences de base (SB). Le tableau 6.3 résume les effectifs par cohorte et par faculté.

Tableau 6.3 Effectifs des professeurs par cohorte et par faculté

	ENAC	IC	MT	SB	STI	SV	Total
1980	45	0	0	36	30	30	111
2000	46	16	0	39	39	49	150
2010	40	28	11	60	60	46	471
Total	131	44	11	135	125	25	417

En nombres absolus, on constate une augmentation du nombre de professeurs dans les facultés des sciences de base (SB) et d'informatique (IC). Pour la faculté STI, le nombre de professeurs augmente entre 1980 et 2000 mais redescend légèrement en 2010. La faculté ENAC est celle qui compte le plus de professeurs en 1980. En 2010, elle n'est plus que la troisième plus grande faculté en termes d'effectifs. En 2010, la faculté intègre également les sciences de la terre et de l'environnement.

3.2 Variables

Notre stratégie de recherche se fonde sur deux types d'analyses qui mobilisent deux sets d'indicateurs différents. Le premier concerne les carrières et constitue les états de l'analyse de séquences. Pour chaque professeur, nous avons collecté des données concernant la carrière pour chaque année de l'âge de 20 à 50 ans, soit 30 ans de carrière. Nous avons choisi de limiter la récolte des séquences à 50 ans pour des raisons de comparabilité entre les cohortes. En effet, une partie des individus de la cohorte 2010 n'ayant pas atteint un âge supérieur à 50 ans, il aurait été impossible de comparer les trois cohortes pour des âges supérieurs. Grâce à cette stratégie, l'échantillon des séquences ne contient aucune donnée manquante à la fin des séquences²⁰⁵.

Les positions occupées par les professeurs au cours de leur carrière sont regroupées en huit états distincts selon les positions occupées dans le champ académique ou dans la sphère privée, chaque année de 20 à 50 ans. L'opérationnalisation des étapes de la carrière en « états » de séquences a été effectuée en fonction des enjeux théoriques développés plus haut. L'enjeu principal réside ici dans la distinction entre carrière académique et extra-académique. Ensuite, pour mieux distinguer le « moment » de transfert entre les deux sphères, la carrière académique a été découpée en différentes étapes en lien avec la hiérarchie des positions académiques. Les indicateurs relatifs aux fonctions accessoires, telles que les mandats dans les conseils d'administration de *spin-off* ou firmes privées en général sont intégrés dans un second set de variables présenté à la suite des états de carrière.

- L'état *Formation* est déterminé par l'âge d'obtention du plus haut diplôme. Ce diplôme peut être un diplôme d'ingénieur, une maîtrise, un certificat ou un doctorat²⁰⁶.

²⁰⁵ 22 professeurs ordinaires et 13 professeurs associés (sur 210 professeurs au total) n'ayant pas atteint l'âge de 50 ans en 2010, nous avons imputé leurs états respectifs jusqu'à la fin de la séquence dans le but d'éviter des données manquantes. En effet, il est extrêmement peu probable que ces individus soient engagés par la suite à un poste inférieur.

²⁰⁶ La thèse d'habilitation a été identifiée pour 34 individus sur 471, soit 7,2% de l'échantillon. Comme nous ne disposons pas de données systématiques pour cet indicateur, nous considérons le doctorat comme diplôme le plus élevé.

Les postes académiques sont divisés entre trois états différents en lien avec la hiérarchie des positions dans le champ académique. Les deux premiers sont des postes stabilisés, le troisième regroupe les positions non stabilisées.

- L'état *Professeur ordinaire* est le plus élevé de la hiérarchie. A l'âge de 50 ans, 374 individus sur 471 occupent cette position.
- L'état *Professeur associé* regroupe les professeurs associés et extraordinaires. Le poste de professeur extraordinaire est remplacé après 2000 par celui de professeur associé. Par commodité, nous n'utilisons que le terme de professeur associé pour les deux fonctions. On compte 52 professeurs associés à 50 ans sur l'ensemble de l'échantillon.
- Enfin, l'état *Postes subalternes* comprend l'ensemble des positions académiques non stabilisées, c'est-à-dire les postes d'assistant, postdoctorant, chercheur, chef de travaux, chef de projet, chargé de projet, maître assistant, privat-docent, professeur assistant, professeur boursier et *tenure-track*. Il s'agit dans tous les cas de postes non stabilisés²⁰⁷.

Les quatre états suivants font référence aux positions extra-académiques et aux positions *mixtes*.

- L'état *Extra-académique* regroupe l'ensemble des positions occupées hors du champ académique. Il s'agit principalement de postes d'ingénieur ou de chercheur dans des entreprises privées, mais on trouve également des mandats de recherche pour des organes publics quand ils peuvent clairement être distingués des universités. Les universités privées sont comprises comme institutions académiques. L'état *Extra-académique* ne comprend pas les fonctions accessoires occupées dans la sphère privée telles que les mandats au sein de conseils d'administration et les mandats dans des commissions extra-parlementaires. Par contre, les postes dans des entreprises individuelles sont inclus dans cette catégorie.
- Enfin, les trois derniers états renvoient à des catégories *mixtes*, soit l'occupation simultanée d'un poste dans la sphère privée et d'un poste académique à temps partiel. Nous avons distingué trois états : 1. L'état *Mixte Poste subalterne* qui décrit une carrière conjuguant un poste non stabilisé et une activité extra-académique, 2. L'état *Mixte Professeur associé* qui décrit des carrières conjuguant un poste de professeur associé à temps partiel et une activité extra-académique et 3. L'état *Mixte Professeur ordinaire* qui décrit des carrières conjuguant le poste de professeur ordinaire et une activité extra-académique.

²⁰⁷ L'intégration de trois états pour les postes académiques possède une limite importante : elle réduit la complexité de la carrière académique pour la simplifier en périodes de pré-stabilisation et de stabilisation. En effet, le nombre de postes académiques différents est élevé et certains d'entre-eux sont associés à certaines conditions ou remplissent des fonctions particulières, comme par exemple les professeurs boursiers (Benninghoff & Goastellec 2009). Nous avons choisi de regrouper l'ensemble des postes en pré-stabilisation, et donc de limiter le nombre d'états à trois, principalement pour une raison liée à la forme des données que l'on peut exploiter pour les analyses de séquences. En effet, un nombre d'état trop conséquent aurait eu pour effet de rendre l'optimal matching et donc l'identification des séquences similaires beaucoup moins performant. Pour pouvoir intégrer des carrières « mixtes », il fallait donc limiter le nombre d'états. L'analyse des séquences étant spécifiquement orientée sur les transitions entre les postes académiques et extra-académiques, comme nous l'indiquerons dans la partie méthodologique ci-après, nous avons choisi d'affiner les résultats, dans un deuxième temps, avec l'intégration des variables *Professeur assistant* et *Carrière interne*. Le nombre de professeurs assistant est trop faible pour qu'il soit pertinent de les inclure en tant qu'état indépendant, ce qui amènerait soit à surestimer leur importance, soit à la sous-estimer (en fonction des coûts de transition à imputer). De plus, l'analyse des séquences a été menée séparément pour chaque cohorte séparément. L'un des résultats intéressants était justement que l'on retrouvait la même logique de distinction en quatre classes par le traitement de toutes les séquences lorsque l'on traitait séparément les trois cohortes. Les professeurs assistants n'existant pas en 1980, la comparaison aurait été problématique car le nombre d'états des analyses aurait été différent.

Afin de mesurer les ressources scientifiques et extra-académiques des professeurs en termes de capitaux, nous introduisons un second set de variables composé des catégories et modalités *actives* et *supplémentaires* de l'ACM. Le capital scientifique relatif à l'académisation est opérationnalisé par les variables *Lieu du doctorat*, *Age de nomination à l'EPFL*, *Carrière interne*, *Faculté* et *Professeur assistant*. Le capital extra-académique relatif aux liens avec le secteur privé et la commercialisation des résultats de recherche est opérationnalisé par les variables *Année extra-académique*, *Spin-off* et *Mandats économiques*. Enfin, les typologies de carrières sont également intégrées comme une catégorie. Les variables suivantes sont les variables *actives* :

- La variable *Typologie des carrières* comporte quatre modalités issues du *clustering* de l'analyse de séquence : *Type excellence*, *Type séniorité*, *Type parallèle* et *Type conversion*.
- La variable *Lieu du doctorat* distingue les professeurs ayant obtenu leur doctorat en Suisse des professeurs ayant obtenu leur doctorat à l'étranger. Les 18 différents pays du doctorat sont groupés en quatre modalités : Suisse, Allemagne et France, USA, et autres pays. La modalité « autres pays » comprend les pays suivants : Australie, Autriche, Belgique, Croatie, Ecosse, Espagne, Hongrie, Israël, Italie, Pays-Bas, Royaume-Uni, Russie, Serbie, Suède.
- La variable *Age de nomination à l'EPFL* indique l'âge de nomination au poste de professeur stabilisé à l'EPFL (professeur ordinaire et professeur associé).
- La variable *Carrière interne* est une variable dichotomique. *Carrière interne oui* indique qu'une partie de la carrière s'est déroulée à l'EPFL avant la stabilisation. Cette variable concerne les postes occupés après l'obtention du plus haut diplôme (doctorat ou formation supérieure). *Carrière interne non* indique, à l'inverse, que la carrière ne comporte aucun poste à l'EPFL avant la stabilisation.
- La variable *Année extra-académique* est une variable dichotomique opposant les carrières totalement académiques (*Année extra-académique non*) aux carrières comportant au moins une année dans le secteur privé (*Année extra-académique oui*).
- La variable *Faculté* compte six modalités : la catégorie ENAC regroupe les sciences de la construction et de l'environnement, la catégorie IC l'informatique et les systèmes de communication, la catégorie SB les sciences de base, la catégorie STI les sciences de l'ingénieur hors génie civil et rural, la catégorie SV les sciences de la vie et la catégorie CDM les sciences du management.
- La variable *Spin-off* est une variable dichotomique. La modalité *Spin-off yes* regroupe les professeurs ayant occupé une position dans le conseil d'administration d'une *spin-off* de l'EPFL au moins. La modalité *Spin-off no* regroupe les professeurs qui n'ont aucun mandat au sein d'une *spin-off*.

Les variables suivantes sont les variables *supplémentaires* :

- La variable *Professeur assistant* est une variable dichotomique opposant les individus ayant occupé un poste de professeur assistant au cours de leur carrière à ceux qui n'ont jamais occupé un tel poste. Nous avons ensuite distingué le lieu du poste de professeur assistant selon trois modalités : EPFL, ailleurs en Suisse et à l'étranger²⁰⁸.

²⁰⁸ Les professeurs assistants n'ont pas été introduits comme un état spécifique de l'analyse de séquence, mais les professeurs ayant exercé une telle fonction peuvent être identifiés au travers de cette variable. Nous n'avons pas fait de différence entre les professeurs assistants avec et sans *tenure-track* pour deux raisons. Premièrement, notre objectif principal est de

- La variable *Nationalité* est divisée en quatre catégories : nationalité suisse, limitrophe, américaine (USA) et autres nationalités. Les doubles nationalités avec la Suisse ont été incluses dans la catégorie Suisse.
- La variable *Mandats économiques* comprend les mandats non exécutifs dans des conseils d'administration de firmes privées (président, vice-président, administrateur-délégué et membre). La variable comporte quatre modalités : sans mandat, un mandat, 2-3 mandats et quatre mandats ou plus.

3.3 Stratégie méthodologique

Afin de centrer l'analyse des carrières des professeurs sur la question de la conversion des capitaux entre les sphères académique et extra-académique, nous avons construit une matrice de coûts spécifiques entre les états des séquences. Les coûts de substitution ont été augmentés entre les états extra-académiques et académiques. Dans un cas standard, les coûts d'*insertion* et de *deletion* (*indel costs*) sont fixés à 1, et les coûts de substitution à 2. Ainsi, l'une ou l'autre des opérations peut être effectuée à un coût similaire (*indel cost* = 2 et *substitution cost* = 2). Dans notre analyse, l'*indel cost* est fixé à 3. Les coûts de substitution sont de 2 pour les transitions entre les différents états académiques et de 4 entre les états académiques et extra-académiques. En pratique, ce choix implique que l'algorithme sera plus sensible à la transition entre les états qu'à la durée de ceux-ci. Ce choix a été motivé par deux raisons principales. La première était de compenser la survalorisation de l'état de professeur ordinaire. En effet, avec une matrice de coûts standards, la similarité entre les séquences est massivement relative à la durée en années du poste de professeur ordinaire. La deuxième raison est théorique. L'objectif du chapitre étant de comprendre l'impact des transformations récentes sur la structure des carrières des professeurs, cette matrice de coûts spécifiques permet de focaliser sur l'importance des transitions d'état entre les sphères. Nous avons ensuite effectué une opération de *clustering* hiérarchique pour les trois cohortes pour distinguer les carrières les plus semblables des plus dissemblables.

Au travers d'une ACM spécifique²⁰⁹, nous identifierons les oppositions entre les capitaux qui structurent l'espace et qui permettront de dégager les fractions de l'espace qui sont caractérisées par des configurations de ressources spécifiques. Dans notre cas, nous chercherons à comprendre comment l'espace des professeurs de l'EPFL se structure au regard de trois aspects : les capitaux scientifique et extra-académique, la temporalité d'acquisition de ces capitaux et les disciplines. Le recours à l'ACM se justifie ici par deux aspects. Premièrement, une telle analyse permet d'intégrer les typologies de carrières comme catégories actives, contribuant à la formation de l'espace au même titre que d'autres variables mesurant le degré d'académisation, de liens avec le secteur privé et les disciplines. Dans l'ACM, les facteurs ne sont pas pris indépendamment les uns des autres, de même qu'on ne cherche pas à mesurer l'effet ou la « valeur propre » de variables a priori construites comme indépendantes sur une variable dépendante. La deuxième raison qui justifie l'emploi de l'ACM est qu'elle permet un retour sur les individus. En plus de créer un espace géométrique des modalités des

distinguer les fonctions stabilisées des fonctions de pré-stabilisation qui regroupent à la fois les professeurs avec et sans *tenure-track*. Deuxièmement, une analyse centrée spécifiquement sur le cas de la *tenure-track* aurait été beaucoup plus intéressante si l'on avait pu prendre en compte les candidats qui ne sont pas devenus professeurs, données que nous n'avons pas à disposition.

²⁰⁹ L'ACM spécifique fonctionne exactement comme une ACM standard tout en permettant d'intégrer des modalités *passives*, c'est-à-dire qu'elles ne contribuent pas à la formation des axes tout en gardant le reste des modalités *actives*, et donc la variable. Dans le cas des professeurs de l'EPFL, les disciplines sont *actives* (réunies dans la variable *faculté*). Comme le nombre de professeurs du Collège de management (CDM) est très faible, la modalité est incluse comme *passive* dans l'ACM spécifique.

variables, l'ACM produit également un nuage des individus qui permet de voir la distribution de ceux-ci dans l'espace. Une fois l'espace construit par les modalités *actives*, il est également possible de projeter d'autres propriétés en tant que variables *supplémentaires*, ou illustratives. Cette méthode permet d'affiner l'analyse en intégrant des variables non structurantes de l'espace qui qualifient le profil des individus.

4. Académisation et renforcement des liens avec le secteur privé

Afin de répondre aux hypothèses formulées au point 1.2, nous nous intéresserons d'abord aux formes spécifiques de l'académisation et des liens avec le secteur privé et leur impact sur les profils et les carrières, que nous intégrerons ensuite dans la structure d'opposition entre sciences « pures » et « appliquées ». Les résultats sont présentés en trois parties. Dans une première partie, nous reviendrons sur les tendances générales de l'évolution du profil des professeurs en lien avec les dynamiques d'académisation et de transformation des liens avec le secteur privé. Dans une deuxième partie, nous procédons à une analyse de séquences (SA) basée sur les carrières des professeurs qui dégage quatre modèles de trajectoires des professeurs entre les sphères académiques et privées. Ces trajectoires basées sur l'accumulation et la conversion des ressources seront ensuite mises en lien avec le profil des professeurs. Enfin, les résultats des analyses de séquences seront intégrés dans une analyse des correspondances multiples (ACM) pour permettre une analyse structurelle des relations entre capitaux scientifique et extra-académique.

Dans cette première partie consacrée aux tendances générales, nous présentons d'abord les dynamiques de l'académisation, puis des liens avec le secteur privé. L'objectif de cette première partie est de montrer les transformations structurelles en lien avec le profil des professeurs.

4.1 Une tendances générale à l'académisation

La première dimension des tendances générales concerne l'académisation selon trois indicateurs relatifs aux transformations structurelles développées précédemment : l'augmentation des titres de doctorat, la diversification des lieux d'obtention du doctorat et l'augmentation des professeurs assistants. Nous présenterons ensuite deux tendances générales relatives à la diversification des nationalités et professeurs et des disciplines.

Concernant tout d'abord l'évolution des diplômes, la comparaison des trois cohortes montre une augmentation très claire de la proportion de professeurs détenteurs d'un doctorat. Alors qu'en 1980, seuls 60.4% des professeurs possèdent un diplôme de doctorat, cette proportion augmente de manière significative en 2000 (82.7%) pour atteindre 92.4% en 2010. Ce résultat corrobore l'observation d'un processus global d'académisation par la généralisation du doctorat comme condition d'accès au poste de professeur. S'il est encore possible d'accéder au poste de professeur sans disposer d'un doctorat en 1980, cela ne semble plus être le cas en 2010.

Tableau 6.4 Professeurs détenteurs d'un titre de doctorat (en % sur le total de la cohorte)

Type de diplôme	1980	2000	2010
Doctorat	60.4%	82.7%	92.4%
Total cohorte	N=111	N=150	N=210

Il existe une distinction du type de diplôme selon les disciplines. En 1980, les professeurs sans doctorat sont majoritairement représentés dans les facultés ENAC (64.4% de l'effectif total de la faculté) et STI (46.7% de l'effectif total de la faculté). Un seul professeur ne possède pas de doctorat dans la faculté des sciences de base (SB). On constate ensuite une augmentation des doctorats dans les facultés ENAC et STI pour les cohortes de 2000 et 2010. Le pourcentage de professeurs possédant un doctorat dans la faculté STI augmente très significativement, de 53.3% en 1980 à 83.7% en 2000 et 93.3% en 2010. Pour la faculté ENAC, le pourcentage de doctorats passe de 36.6% en 1980 à 63% en 2000 et 75% en 2010. Le doctorat reste inégalement distribué selon les disciplines malgré la tendance générale de l'augmentation des doctorats. En effet, si le diplôme de doctorat devient une ressource importante pour l'accès au poste de professeur dans toutes les disciplines, la répartition des professeurs sans doctorat reste d'environ deux tiers dans la faculté ENAC et d'un tiers dans la faculté STI pour les cohortes de 2000 et 2010.

Un deuxième indicateur de l'académisation concerne la diversification des lieux d'obtention du doctorat. La part des professeurs ayant effectué leur doctorat à l'étranger augmente de 29.9% en 1980 à 51.6% pour 2000 et 64.4% en 2010. Le tableau 6.5 présente l'évolution selon les pays du doctorat²¹⁰.

Tableau 6.5 Pays du doctorat sur le total de doctorats par cohorte (en %)

	1980	2000	2010
Suisse	70.1%	48.4%	35.6%
Allemagne et France	11.9%	17.5%	21.1%
USA	11.9%	18.3%	21.6%
Autres pays	6.0%	15.9%	21.6%
Effectif	N=67	N=124	N=194

Le pourcentage de doctorats obtenus en Suisse baisse de 70.1% en 1980 à 35.6% en 2010. En contrepartie, les trois autres catégories augmentent dans des proportions similaires. L'Allemagne et la France restent les deux pays majoritairement représentés parmi les pays européens. Tous pays confondus, les Etats-Unis restent le pays le plus important en termes de nombre de doctorats effectués. En 1980, 11.9% des doctorats sont obtenus aux Etats-Unis, ce qui témoigne d'un lien important avec ce pays déjà dans les années 1980. Tout comme pour les nationalités, on assiste à une diversification des lieux de doctorat. En 1980, on distingue cinq pays d'obtention : Allemagne, Belgique, France, Royaume-Uni et USA. En 2000, 11 pays et en 2010, 17 pays.

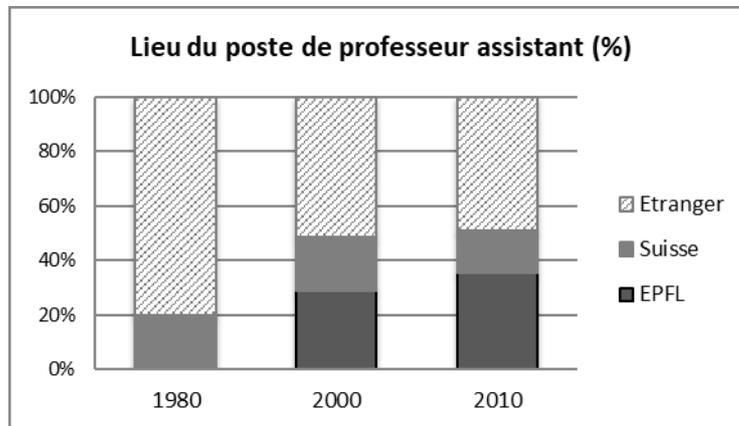
La part des Suisses ayant effectué un doctorat à l'étranger est de 15.1% en 1980, 24.7% en 2000 et 25.6% en 2010. On constate que l'augmentation du nombre de doctorats à l'étranger se situe entre les années 1980 et 2000, puis se stabilise. Les Suisses ayant obtenu leur doctorat aux Etats-Unis passent de 7.5% en 1980 à 12.3% en 2000 et 14.1% en 2010. Concernant enfin les doctorats obtenus en Suisse, 95.7% sont obtenus par des Suisses en 1980, 90.2% en 2000 et 84.2% en 2010.

Un troisième indicateur de l'académisation est l'augmentation du nombre d'individus ayant occupé un poste de professeur assistant. L'ensemble de l'échantillon comporte 24.6% de professeurs ayant occupé un tel poste durant leur carrière (N=116). En pourcentages par cohorte, la proportion augmente fortement d'une période à l'autre : 9% en 1980, 23.3% en 2000 et 33.8% en 2010, correspondant à 10, 35 et 71 individus. La figure 6.1 montre le lieu du poste de professeur assistant

²¹⁰ Les pays ont été regroupés en quatre catégories pour deux raisons. Premièrement, parce que ce découpage permet d'appréhender la différence entre les doctorats en Suisse, en Allemagne et en France qui sont les trois pays les plus représentés pour les doctorats à l'EPFL et qui marquent une forme d'internationalité de proximité, les USA marquant une forme d'internationalité d'excellence, et les autres pays marquant la diversification des pays d'obtention. Deuxièmement, les trois catégories hors Suisse montrent une tendance similaire dans leur augmentation.

pour les trois cohortes. Le pourcentage est calculé sur le total des individus ayant occupé un poste de professeur assistant et ne reflète donc pas l'augmentation des effectifs, mais la répartition catégorique.

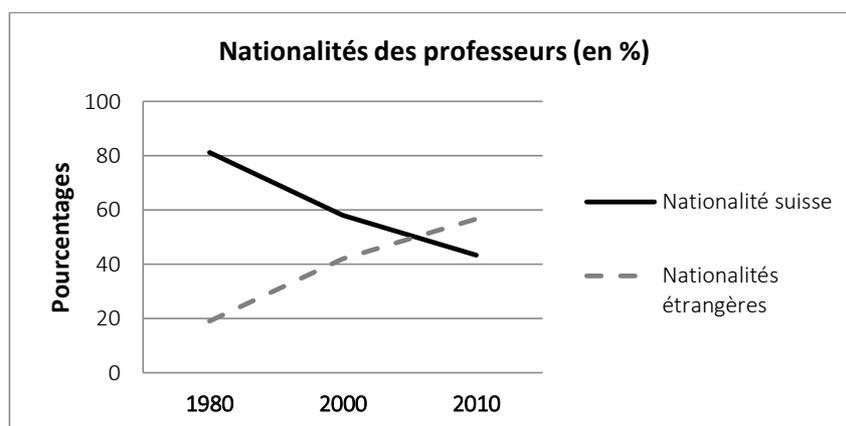
Figure 6.1 Lieu du poste de professeur assistant



On constate une augmentation des postes de professeur assistant à l'EPFL dans la période récente qui peut s'interpréter comme un indicateur clair de l'académisation de l'Ecole par le développement de ces postes à l'interne. Entre 1980 et 2010, la proportion de professeurs ayant passé au moins une année à l'EPFL avant leur stabilisation reste relativement stable, à 24.3% en 1980, 25.3% en 2000 et 22.9% en 2010. En conséquence, la création de postes de professeur assistant à l'interne amène une diminution des autres types de postes en pré-stabilisation.

Enfin, on peut noter deux tendances générales concernant les nationalités et la diversification des disciplines des professeurs. Concernant les nationalités premièrement, on constate une très forte augmentation des professeurs de nationalité étrangère de 1980 à 2010. La cohorte de 1980 comporte 19.9% de professeurs étrangers, alors que celles de 2000 et de 2010 en comptent respectivement 41,3% et 56.7%. Ces résultats montrent une internationalisation croissante du point de vue des nationalités avec, en 2010, un pourcentage de professeurs de nationalité étrangère supérieur aux professeurs suisses.

Figure 6.2 Nationalités (en % du nombre total de professeurs par cohorte)



De manière générale, on observe une diversification des nationalités. Le nombre de nationalités étrangères passe de 9 en 1980 à 15 en 2000 puis 27 en 2010. De 1980 à 2010, la part relative des nationalités européennes limitrophes (Allemagne, Autriche, Belgique, France et Italie) passe de 13.5% à 33.8%. Les USA progressent de 1.8 à 7.6%. La part des autres nationalités augmente fortement, de 2.7% à 19%. Les quatre pays les plus représentés sur l'ensemble des trois cohortes sont la France (8.7%),

l'Allemagne (7.4%), les USA (5.3%) et l'Italie (4.5%). Suivent ensuite la Belgique (3.2%) et le Royaume-Uni (2.8%). En 2010, les professeurs de nationalité française comptent pour 10.1% de la cohorte, de nationalité allemande pour 8.6%, et de nationalité américaine pour 5.3%.

Le tableau 6.6 résume le poids relatif des disciplines en fonction du nombre de professeurs sur le total de la cohorte. Les pourcentages indiquent l'évolution de l'effectif des professeurs par faculté. Trois tendances se dégagent. Premièrement, un déclin des sciences de l'ingénieur, fortement marqué dans le cas de la faculté ENAC dont l'effectif relatif passe de 40.5% en 1980 à 19% en 2010. Cette baisse est moins prononcée dans le cas de la faculté STI dont les effectifs relatifs diminuent de 27% en 1980 à 21.9% en 2010. Deuxièmement, on remarque une relative stabilité des sciences de base, entre 32.4% en 1980 et 28.6% en 2010. Enfin, l'introduction de trois nouvelles disciplines (IC, SV et CDM) amène une montée en importance de l'informatique et des systèmes de communication (IC) qui comptent pour 13.3% de l'effectif total en 2010, des sciences de la vie (11.9%) et du management (5.2%).

Tableau 6.6 Représentativité des disciplines aux trois dates

	1980	2000	2010	1980	2000	2010
Sciences de base (SB)	Physique	Physique	Physique			
	Mathématiques	Mathématiques	Mathématiques	32.4%	26%	28.6%
	Chimie	Chimie	Chimie			
Sciences techniques et de l'ingénieur (STI)	Electricité	Electricité	Electricité			
	Matériaux	Matériaux	Matériaux	27%	28%	21.9%
	Mécanique	Mécanique	Mécanique			
		Microtechnique	Microtechnique			
Construction et environnement (ENAC)	Architecture	Architecture	Architecture			
	Génie civil	Génie civil	Génie civil	39.6%	32.7%	19%
	Génie rural	Génie rural	Génie rural			
Informatique et communications (IC)		Informatique	Informatique		10.7%	13.3%
			Systèmes de communication			
Sciences de la vie (SV)			Sciences de la vie			11.9%
Management (CDM)			Management			5.2%

Ce premier aperçu des tendances générales semble confirmer un mouvement d'académisation d'un point de vue à la fois de l'augmentation des doctorats, des postes de professeurs assistants, de la diversification des disciplines et d'internationalisation sous l'angle de la diversification du pays du doctorat et de la nationalité des professeurs. On note cependant que les principaux changements ont lieu plutôt entre les années 1980 et 2000. Les années 2010 se situent dans le prolongement des dynamiques déjà présentes précédemment.

4.2 Une transformation des liens extra-académiques

Cette seconde partie relative aux tendances générales est consacrée aux liens extra-académiques selon trois dimensions : le nombre de professeurs ayant occupé une position hors de la sphère académique durant leur carrière, les positions accessoires dans les firmes privées et les professeurs membres d'une *spin-off* de l'EPFL²¹¹.

²¹¹ Ces trois indicateurs n'ont pas la prétention de refléter l'étendue et la diversité des liens qu'entretient l'EPFL avec le secteur privé. Comme évoqué plus haut, ces liens prennent des formes diverses telles que le financement de chaires professorales, la valorisation des résultats par la propriété intellectuelle ou le développement d'infrastructures visant à favoriser le développement de liens avec les firmes privées. L'idée qui préside ici est de compléter les résultats de l'analyse

Premièrement, on constate une baisse des professeurs ayant occupé une position extra-académique, calculée sur le pourcentage de professeurs ayant passé au moins une année hors de l'académie durant leur carrière. Ce taux reste relativement stable entre 1980 et 2000 (55.8% et 52.6%), puis baisse à 43.3% en 2010 (tableau 6.7).

Tableau 6.7 Professeurs ayant passé au moins une année extra-académique avant la nomination

	1980		2000		2010	
	N	%	N	%	N	%
Au moins une année extra-académique avant la nomination	62	58%	79	52.6%	91	43.4%
Total	N=111		N=150		N=210	

Ce tableau montre, contrairement aux dynamiques d'académisation, que la diminution du nombre de professeurs ayant occupé une position hors de la sphère académique est plus marquée en 2000 et 2010 qu'entre les deux périodes précédentes. Cette première tendance générale tend à montrer que les professeurs de la cohorte de 2010 sont moins directement reliés à la sphère extra-académique que pour les autres cohortes. Le chiffre de 43.3% reste cependant relativement important. Pour la cohorte 2010, c'est la faculté STI qui concentre le plus de professeurs ayant occupé une position extra-académique (71.7%), suivie de la faculté IC (50%). Sur les trois cohortes, les disciplines des sciences de l'ingénieur (STI, ENAC et IC) restent largement surreprésentées comparé aux sciences de base dont la proportion de professeurs ayant occupé une position extra-académique reste largement en dessous de la moyenne.

Cette diminution des professeurs des positions extra-académiques se constate également dans la proportion des professeurs ayant occupé au moins un mandat non exécutif au sein d'une firme privée (présidents, vice-présidents, administrateurs-délégués et membres des conseils d'administration), comme montré dans le tableau 6.8²¹². Les *spin-off* ont été exclues et il s'agit donc d'entreprises qui n'ont pas été créées dans le cadre d'un mandat à l'EPFL. Le nombre de mandats pour l'année 1980 est sous-estimé, du fait que les compositions des conseils d'administration ne sont recensées sur le site moneyhouse.ch qu'à partir des années 1990.

Tableau 6.8 Professeurs ayant occupé au moins une position non exécutive dans le conseil d'administration d'une firme privée

	1980		2000		2010	
	N	%	N	%	N	%
Au moins un mandat dans un conseil d'administration	35	31.5%	47	31.3%	46	21.9%
Total	N=111		N=150		N=210	

Ce premier aperçu montre une baisse de la proportion des professeurs ayant occupé une telle position en 2000 et en 2010, alors qu'elle reste stable entre 1980 et 2000, comme c'est le cas pour les années de carrières extra-académiques. Concernant les disciplines, ce sont les facultés ENAC et STI qui comptent le plus de professeurs ayant occupé une position non exécutive, alors que les sciences de base (SB) restent sous-représentées pour les trois périodes. En 2010, les trois facultés qui comptent plus de participations dans des firmes privées que la moyenne sont les facultés CDM (45.5%), SV (32%) et STI (28.3%).

des carrières des professeurs par des indicateurs de positions non exécutives qui ne sont pas nécessairement comprises dans les trajectoires en tant qu'étape de la carrière professionnelle.

²¹² Les mandats ont été référencés selon le site *moneyhouse.ch* (février 2016).

Un dernier indicateur intéressant des nouvelles formes de collaborations extra-académiques est illustré par l'augmentation du nombre de *spin-off* créées à partir du milieu des années 1990. Les entreprises ont été identifiées selon le recensement effectué par l'EPFL sur les *spin-off* créés par des membres de l'institution.

Tableau 6.9 Nombre de *spin-off* fondées par des membres de l'EPFL entre 1973 et 2015 (N=265)

Période	1973-1979	1980-1984	1985-1989	1990-1994	1995-1999	2000-2004	2005-2009	2010-2015
Nombre de <i>spin-off</i>	3	5	3	8	46	49	60	91

L'évolution du nombre d'entreprises créées par des membres de l'EPFL montre deux tendances importantes. Premièrement, leur nombre augmente de manière très importante à partir de 1995, passant de 8 pour la période 1990-1994 à 46 pour la période 1995-1999. Deuxièmement, on constate que l'augmentation continue de manière progressive dans le temps, la dernière période (2010-2015) comptant deux fois plus de *spin-off* créées que pour la période 1995-1999. Cependant, la proportion de professeurs ayant occupé au moins un mandat au sein d'une *spin-off* reste stable entre les cohortes de 2000 (22.7%) et 2010 (22.4%), comme indiqué dans le tableau 6.11.

Encadré 6.1 : Les *spin-off* de l'EPFL

Le site de l'EPFL recense 286 *spin-off* créées jusqu'en 2015 (http://vpi.epfl.ch/EPFL_Spin-offs). Sur l'ensemble de celles-ci, nous avons pu identifier la liste des membres et leur statut, la forme juridique, l'année de fondation et le statut de la firme (active, radiée ou en liquidation) pour 265 d'entre elles. De plus, le site de l'EPFL fournit des informations sur le type de discipline de la *spin-off* et le type d'organisation (privée, publique, M&A et *stopped*). Par contre, nous ne possédons pas d'informations sur la durée des mandats des individus, et cette dimension se retrouve absente de notre analyse.

Le nombre de membres est variable, allant d'un seul à 25 membres au total, comme c'est le cas de Biocartis, une entreprise de biotech créée en 2008 et présidée par Philippe Renaud, professeur associé de microtechnique, par ailleurs membre de six conseils d'administration de firmes privées. Un autre exemple d'entreprise de grande envergure créée dans le cadre de l'EPFL est Logitech (21 membres au total), fondée en 1981 et devenue la leader mondiale du développement de souris informatiques et autres périphériques. La plupart des *spin-off* comptent moins de membres : de 1 à 10 pour 208 (78.5%) d'entre elles et de 1 à 5 pour 150 (56.6%). Aucun professeur n'assume de mandat de direction, ce qui complète l'analyse des séquences qui, elle, ne prend en compte que les positions exécutives occupées au cours de la carrière. Environ un tiers des *spin-off* (29.1%) comprennent au moins un professeur (77 cas sur 265) toutes dates confondues et cette proportion reste relativement stable dans le temps. La proportion de professeurs varie cependant assez fortement selon le secteur d'activité de la *spin-off*. Ces derniers sont beaucoup plus nombreux dans les domaines du biotech, où 60.7% contiennent au moins un professeur, ainsi que des micro- et nanotechnologies (34.5%) et des capteurs (33.3%). Ils le sont par contre beaucoup moins dans les secteurs de l'énergie et de l'environnement (20%) et surtout de la mécanique où seules 15% des *spin-off* comprennent au moins un professeur.

Tableau 6.10 Nombre de *spin-off* par secteur d'activité et par cohorte

	Biotech	Electricité et électronique	Energie et environnement	Informatique	Mécanique	MedTech	Micro et nano-technologies	Capteurs	Total Cohorte
1973-1979	0	0	1	1	0	0	1	0	3
1980-1984	0	1	0	2	0	0	2	0	5
1985-1989	0	0	0	2	0	1	0	0	3
1990-1994	0	0	3	1	2	1	0	1	8
1995-1999	3	4	5	10	6	6	7	5	46
2000-2004	9	5	6	12	1	8	6	2	49
2005-2009	6	9	7	17	4	9	6	2	60
2010-2015	10	9	8	21	7	24	7	5	91
Somme	28	28	30	66	20	49	29	15	265

Concernant la répartition des secteurs d'activité, c'est l'informatique qui compte le plus de *spin-off* (24.9%), suivie des technologies médicales (18.5%). On trouve ensuite les secteurs de l'énergie et environnement, des micro- et nanotechnologies, du biotech, de l'électricité et électronique et, enfin, de la mécanique et des capteurs. Les secteurs de l'informatique et des technologies médicales sont aussi ceux qui comptent le plus de *spin-off* possédant le statut *stopped* (20 cas pour l'informatique et huit pour les technologies médicales). Sans avoir d'informations précises sur la durée de vie de ces *spin-off*, cet aspect explique peut-être pourquoi leur nombre total est plus grand que dans les autres secteurs.

Un résultat intéressant concerne la répartition par discipline des professeurs occupant au moins un mandat dans le conseil d'administration d'une *spin-off*²¹³. Une discipline domine en effet largement. Comparé à la moyenne par cohorte, les professeurs de la faculté STI restent fortement surreprésentés pour les trois périodes. En excluant la cohorte de 1980 pour laquelle les participations sont peu nombreuses, les professeurs de la faculté STI sont 42.9% à avoir occupé au moins un mandat dans une *spin-off* sur 22.7% professeurs en moyenne pour l'année 2000. En 2010, 45.7% des professeurs de la faculté STI occupent au moins un mandat dans une *spin-off* sur 22.4% en moyenne. En 2010, deux autres disciplines prennent de l'importance : l'informatique (28.6% de professeurs ayant occupé au moins un mandat dans une *spin-off*) et les sciences de la vie (28%). Les professeurs des facultés ENAC, SB et CDM restent nettement en retrait pour l'ensemble des cohortes.

Tableau 6.11 Disciplines des professeurs possédant un mandat dans au moins une *spin-off*

		1980		2000		2010	
		Membre d'une <i>spin-off</i>	Total des professeurs	Membre d'une <i>spin-off</i>	Total des professeurs	Membre d'une <i>spin-off</i>	Total des professeurs
ENAC	Pourcentages	4.4%	40.6%	6.5%	30.7%	2.5%	19.1%
	Effectifs	2	45	3	46	1	40
SB	Pourcentages	5.6%	32.4%	20.5%	26%	15%	28.6%
	Effectifs	2	36	8	39	9	60
STI	Pourcentages	10%	27%	42.9%	32.7%	45.7%	21.9%
	Effectifs	3	30	21	49	21	46
IC	Pourcentages			12.5%	10.6%	28.6%	13.3%
	Effectifs			3	46	8	28
CDM	Pourcentages					9.1%	5.2%
	Effectifs					1	11
SV	Pourcentages					28%	11.9%
	Effectifs					7	25
Total	Pourcentages	6.3%	100%	22.7%	100%	22.4%	100%
	Effectifs	7	111	34	150	47	210

Note sur la lecture du tableau : *Membre d'une spin-off* indique l'effectif par faculté des professeurs possédant au moins un mandat dans le conseil d'administration dans une *spin-off* de l'EPFL ainsi que le pourcentage sur le nombre total de professeurs par faculté. *Total des professeurs* indique l'effectif total des professeurs par faculté ainsi que le pourcentage sur le nombre total des professeurs par cohorte.

On constate ainsi que les professeurs de la faculté STI sont à la fois ceux qui ont occupé au moins une position extra-académique avant la nomination et ceux qui sont le plus représentés dans les *spin-off*.

²¹³ 43 professeurs sont membres d'une seule *spin-off*, 13 sont membres de deux *spin-off*, trois professeurs de trois *spin-off* (le professeur ordinaire de systèmes robotiques Roland Yves Siegwart, le professeur ordinaire de génie mécanique Nikolaos Stergiopoulos et le professeur ordinaire d'optique appliquée Theo Josef Lasser) et un professeur est membre de quatre *spin-off* (Jeffrey Alan Hubbell, professeur ordinaire de bio-ingénierie). L'enjeu est ici de construire une variable réutilisable dans l'ACM, c'est-à-dire dont les modalités restent au-dessus de 5% de l'effectif total de la variable. Le nombre de professeurs membres de plus d'une *spin-off* (N=17) représente 3.6% de l'échantillon total. La variable mesure ainsi le fait d'avoir au moins une fois valorisé les résultats de recherches par l'intermédiaire d'une *spin-off*, indépendamment du nombre et du secteur d'activité de celle-ci.

A l'inverse, les professeurs de la faculté ENAC, concentrant une partie importante des positions extra-académiques, ne sont que très peu à posséder des mandats dans une *spin-off*.

Ces premiers résultats généraux semblent confirmer d'une part une académisation du point de vue de l'importance des doctorats et des disciplines, renforcée par une internationalisation des lieux de doctorats et des nationalités. D'autre part, la montée en importance d'un modèle plus basé sur la valorisation des résultats de la recherche par les *spin-off* que par les liens directs avec la sphère extra-académique, tout en montrant des différences significatives selon les cohortes et les disciplines. Dans la partie suivante, nous approfondissons ces premiers résultats par l'analyse des carrières des professeurs.

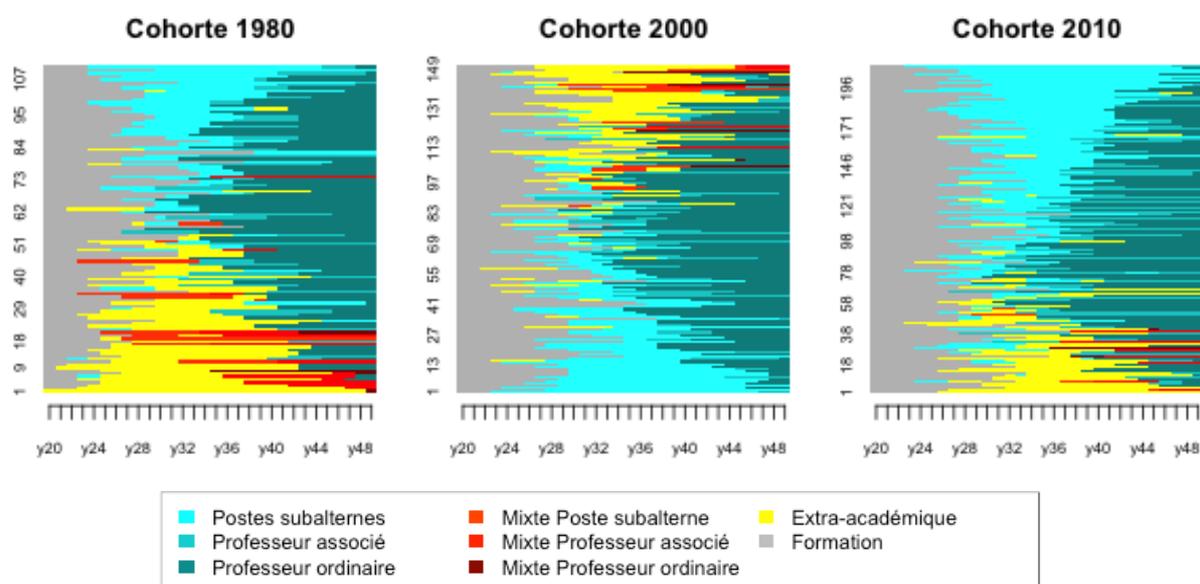
5. Des carrières professorales entre sphères académique et privée

Cette deuxième partie des résultats est consacrée à l'analyse des trajectoires des professeurs. Cette approche par les carrières permet en effet de se focaliser sur la durée et la distribution des états pour dégager l'importance relative des ressources scientifiques et extra-académiques pour l'accès au poste de professeur. L'analyse de séquences permet en outre d'aborder la temporalité et le rythme d'accumulation et de conversion de ces ressources entre les sphères académique et privée, donnant ainsi une dimension supplémentaire aux tendances générales dégagées précédemment. L'objectif de cette partie est ainsi d'aborder les dynamiques spécifiques d'accumulation et de conversion des ressources scientifiques et extra-académiques en présentant d'abord quels sont les types de carrières dominants, puis les profils associés à ces modèles spécifiques.

5.1 Tendances générales

Nous présentons d'abord les résultats généraux, puis nous présenterons en détail la typologie qui se dégage du *clustering* des carrières. La figure 6.3 présente les carrières pour l'ensemble des professeurs de l'EPFL pour les trois cohortes (1980, 2000 et 2010). Chaque ligne correspond à une trajectoire individuelle de 20 ans à 50 ans, l'axe vertical représentant l'ensemble des carrières, au total de 111 pour 1980, 150 pour 2000 et 210 pour 2010. Suivant le calcul de l'*optimal matching* (OM), les carrières les plus semblables sont regroupées, tandis que les plus dissemblables sont éloignées. Nous pouvons clairement distinguer deux grandes tendances : les carrières à dominante académique sont opposées aux carrières extra-académiques. Ici, plus la durée de la carrière précédant la nomination de professeur ordinaire ou associé est longue, plus la carrière est située aux extrémités du graphique (en haut et en bas).

Figure 6.3 Distribution générale des séquences pour les trois cohortes (1980, 2000 et 2010)



Les trois cohortes présentent certaines caractéristiques similaires. Premièrement, toutes les carrières se terminent par un statut de professeur stabilisé (associé ou ordinaire), ou mixte (professeur associé ou ordinaire et extra-académique) à l'âge de 50 ans ou plus tard. En 1980, deux professeurs sur 111 sont nommés après 50 ans. En 2000, quatre professeurs sur 150 sont nommés après 50 ans et 10 sur 210 pour 2010. Deuxièmement, la distinction entre carrières académiques et extra-académiques s'opère dans les trois cas. Leur importance relative change néanmoins, car les carrières extra-académiques perdent de l'importance avec le temps. La proportion de séquences contenant au moins un état non académique décline de 55.9% en 1980 à 52.7% en 2000 puis 43.3% en 2010. Le tableau 6.12 décrit les fréquences des états par cohorte aux âges de 30, 40 et 50 ans.

Tableau 6.12 Fréquences des états par âge et par cohorte (en %)

Age	Cohorte	Formation	Poste subalterne	Professeur associé	Professeur ordinaire	Extra-académique	Mixtes
30 ans	1980	18.9	33.3	1.8	2.7	36	7.2
	2000	29.3	41.3	2.7	1.3	23.3	2
	2010	31	47.6	1.9	1.4	16.7	1.4
40 ans	1980	0	11.7	17.1	43.2	18.9	9
	2000	0	19.3	14.7	47.3	11.3	7.3
	2010	0	28.6	18.6	36.2	12.4	4.3
50 ans	1980	0	0.9	7.2	81.1	0	10.8
	2000	0	0.7	7.3	85.3	1.3	5.3
	2010	0	1.9	15.7	74.3	2.4	5.7

Ce tableau montre quatre résultats principaux. Premièrement, l'état *formation* à l'âge de 30 ans augmente significativement de 18.9% en 1980 à 29.3% en 2000, puis reste relativement stable de 2000 à 2010, reflétant la tendance générale à l'allongement de la période de formation. Deuxièmement, le pourcentage de professeurs occupant des postes subalternes augmente également significativement de 1980 à 2010 pour les âges de 30 et 40 ans, indiquant une stabilisation plus tardive (la proportion pour l'âge de 40 ans passe de 11.7% en 1980 à 28.6% en 2010). Troisièmement, le pourcentage de professeurs ordinaires baisse pour la cohorte 2010 à 40 et 50 ans au profit des professeurs associés. Enfin, les professeurs occupant un poste extra-académique ou mixte restent plus importants pour la cohorte 1980 que pour les deux autres.

Le tableau suivant présente la durée moyenne des états pour les trois cohortes. Les durées moyennes sont calculées sur la base des états de séquences relatifs aux postes académiques et extra-académiques entre les âges de 20 et 50 ans.

Tableau 6.13 Durée moyenne par état pour chaque cohorte (en années)

Etat	1980	2000	2010
Formation	7.8	9.1	9.2
Carrière académique	14.8	16	17
Postes subalternes	4.2	5.5	7.3
Professeur associé	2.3	2.1	2.9
Professeur ordinaire	8.2	8.4	6.7
Carrière extra-académique	5.4	3.6	3
Carrière mixte	2	1.3	0.8
Postes subalternes et extra-académique	0.8	0.7	0.3
Professeur associé et extra-académique	1	0.3	0.3
Professeur ordinaire et extra-académique	0.2	0.4	0.3

L'analyse de la durée moyenne des états montre deux tendances générales. Premièrement, la durée moyenne de la carrière académique dans son ensemble augmente sensiblement de 1980 à 2010, de 14.8 ans à 17 ans. Cette augmentation est principalement due à la diminution de la durée moyenne des carrières extra-académiques qui baisse de 5.4 ans pour la cohorte de 1980 à 3 ans pour celle de 2010. Deuxièmement, on constate une augmentation significative de la durée des postes académiques subalternes qui passe en effet de 4.2 à 7.3 ans de 1980 à 2010²¹⁴. Cette augmentation peut être expliquée par l'introduction du modèle de *tenure-track*, et corrobore plus largement les tendances structurelles de l'allongement de la durée de pré-stabilisation évoquées précédemment.

5.2 Evolution de la structure des carrières

Pour poursuivre cette première analyse séquentielle générale, nous proposons maintenant une analyse typologique. Une telle approche permet de dégager des types de parcours spécifiques et, ensuite, d'en analyser la composition en termes de profils. Le *clustering* des séquences pour chaque cohorte a permis de dégager quatre modèles de carrières dominants par la comparaison systématique de la durée et de la distribution des états. Le premier type concerne les carrières d'*excellence académique* caractérisées par une accumulation rapide de ressources scientifiques donnant accès au poste de professeur ordinaire relativement tôt dans la carrière²¹⁵. Le deuxième type dit de *séniorité*, par opposition au type précédent, comprend des carrières d'accumulation de ressources scientifiques sur le long terme avec une stabilisation plus tardive, majoritairement au poste de professeur associé. Le troisième type concerne les carrières *parallèles* qui se déroulent en parallèle à l'intérieur et à l'extérieur du champ académique. Enfin, le dernier type regroupe les carrières de *conversion*, qui se déroulent d'abord dans la sphère privée, puis dans la sphère académique. Pour chaque type, nous donnerons une description du type de carrière, l'âge moyen de nomination, la durée moyenne des états, la place des carrières extra-académiques et un tableau récapitulatif de la fréquence des positions

²¹⁴ La durée des postes subalternes est calculée sur la différence entre l'âge de nomination à un poste stabilisé et l'âge d'obtention du plus haut diplôme. La réduction de la différence entre l'âge d'obtention du doctorat et du diplôme de formation supérieure ainsi que la diminution conséquente de la profession de professeur sans doctorat renforcent encore l'augmentation de la durée moyenne de la période avant stabilisation.

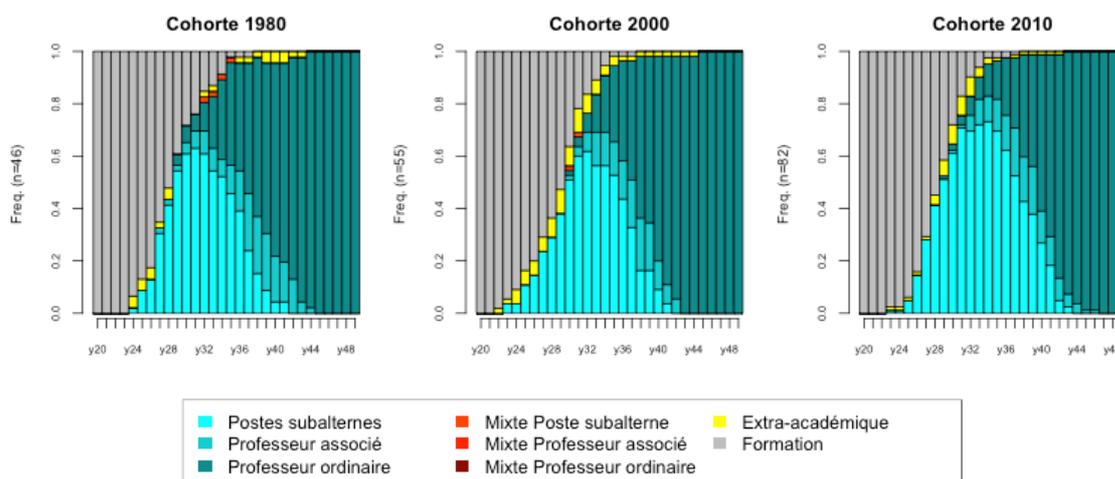
²¹⁵ Si l'excellence académique ne veut pas dire la même chose en 1980 qu'en 2010, nous avons choisi de nommer ce type de carrière de cette manière sur le critère de la rapidité à laquelle les ressources scientifiques sont accumulées et valorisées par l'accès au poste de professeur ordinaire.

occupées à 30, 40 et 50 ans. Afin de révéler la spécificité des types de carrières, ces indicateurs seront souvent comparés à leur distribution moyenne dans la cohorte.

5.2.1 Carrières d'excellence académique

Le premier type de carrière présenté est celui dit d'*excellence académique*. Il est caractérisé par une nomination au poste de professeur ordinaire relativement tôt dans la carrière, résultant d'une accumulation rapide de capital scientifique dans des postes académiques subalternes. Il s'agit du type le plus stable en termes de succession des états, qui suit deux modèles. Le premier compte trois états successifs : *Formation*, *Poste subalterne*, puis *Professeur ordinaire*. Le second compte quatre états successifs : *Formation*, *Poste subalterne*, *Professeur associé* puis *Professeur ordinaire*. Ce second type est cependant peu fréquent, la plupart des professeurs étant nommés directement professeurs ordinaires. Le type *excellence* compte peu de professeurs associés et la durée moyenne dans cette fonction est courte, soit de 1.8 an pour 1980 et 1.5 an pour 2000 et 2010. Concrètement, le poste de professeur associé intervient comme une étape de passage vers la nomination de professeur ordinaire. En effet, tous les individus occupent le poste de professeur ordinaire à 50 ans, et ce pour les trois cohortes. Le type *excellence* débouche ainsi exclusivement sur le poste de professeur ordinaire.

Figure 6.4 Carrières d'excellence académique : distribution des états



L'âge moyen de nomination au poste de professeur ordinaire est relativement jeune dans ce type, même s'il augmente dans le temps en passant de 37.4 ans en 1980, 37.6 ans en 2000 et 39.2 ans en 2010. A l'âge de 40 ans, 74% des individus occupent cette fonction en 1980, contre 78% en 2000 et seulement 60% en 2010. Ce recul de l'âge de nomination s'explique principalement par l'augmentation de la durée moyenne des postes subalternes. Il reste stable à 5.8 années pour 1980 et 2000, mais monte à 8 ans pour 2010. Ce résultat doit être relativisé car, de manière globale, le nombre moyen d'années passées dans des postes académiques subalternes augmente pour l'ensemble de l'année 2010 (les écarts à la moyenne restent très similaires pour les trois cohortes).

Tableau 6.14 Fréquences des états par âge et par cohorte pour le type *excellence académique* (en %)

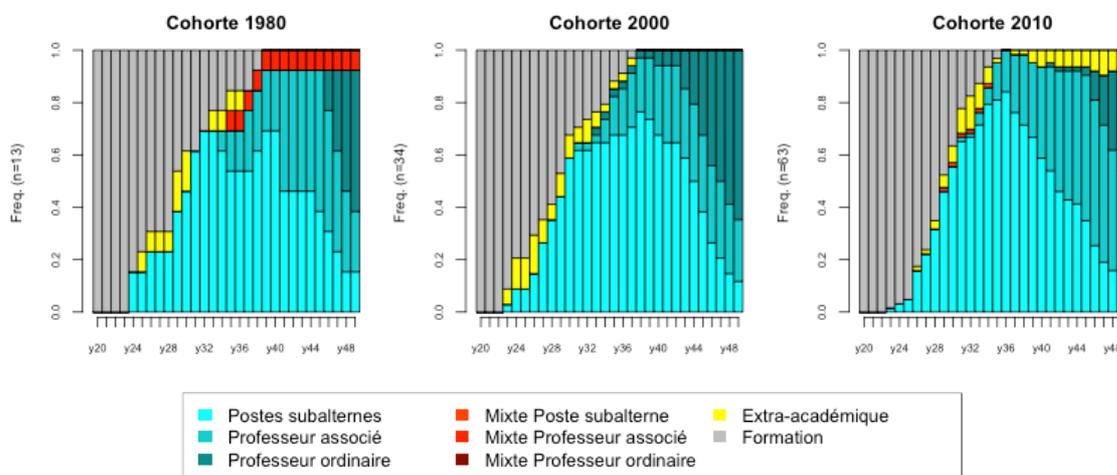
Age	Cohorte	Formation	Poste subalterne	Professeur associé	Professeur ordinaire	Extra-académique	Mixtes
30 ans	1980	28.3	60.9	4.3	6.5	0	0
	2000	36.4	50.9	1.8	1.8	7.3	1.8
	2010	28	61	1.2	2.4	7.3	0
40 ans	1980	0	4.3	17.4	73.9	4.4	0
	2000	0	9.1	10.9	78.2	1.8	0
	2010	0	26.8	12.2	59.8	1.2	0
50 ans	1980	0	0	0	100	0	0
	2000	0	0	0	100	0	0
	2010	0	0	0	100	0	0

Enfin, les trois cohortes comptent une très faible proportion de trajectoires passant par le secteur privé (6/46 professeurs pour 1980, 13/55 en 2000 et 13/82 en 2010). En ce sens, il semble que les carrières d'*excellence académique* excluent largement la possibilité de convertir des ressources extra-académiques en poste de professeur.

5.2.2 Carrières de séniorité

Le deuxième type de carrière dit de *séniorité* montre une accumulation de capital scientifique sur le long terme dans des postes subalternes, suivie d'une stabilisation relativement tardive, majoritairement au poste de professeur associé. Contrairement aux carrières d'excellence, seule une faible proportion de professeurs est nommée au poste de professeur ordinaire dans une carrière de séniorité. Le nombre moyen d'années passées dans les postes subalternes est nettement plus élevé que pour le type précédent (11.9 ans pour le type *séniorité* contre 6.8 ans pour le type *excellence*). Pour les trois cohortes, ce nombre reste fortement supérieur à la moyenne (11.2 ans contre 4.2 ans pour 1980, 12.5 contre 5.5 pour 2000 et 11.9 contre 7.3 pour 2010).

Figure 6.5 Carrières de séniorité : distribution des états



La comparaison des fréquences d'occupation des états montre trois résultats intéressants. Premièrement, la fréquence de professeurs ordinaires est beaucoup plus faible que pour le type précédent. En 2010, seuls 44.4% des individus occupent ce poste à 50 ans. On remarque deuxièmement une très forte proportion de Postes subalternes pour les âges de 30 et 40 ans. Enfin, en regard du premier point, le nombre de professeurs associés est nettement plus élevé que pour le type *excellence*. On peut interpréter les carrières de *séniorité* comme des carrières d'accumulation progressive de capital scientifique dans des postes subalternes, la reconnaissance scientifique par la stabilisation intervenant dans la carrière. En effet, si les carrières d'excellence se caractérisent par des postes subalternes de courte durée et une stabilisation rapide, les carrières de *séniorité* sont typiquement des carrières d'accumulation de capital académique sur le long terme.

Tableau 6.15 Fréquences des états par âge et par cohorte pour le type *séniorité* (en %)

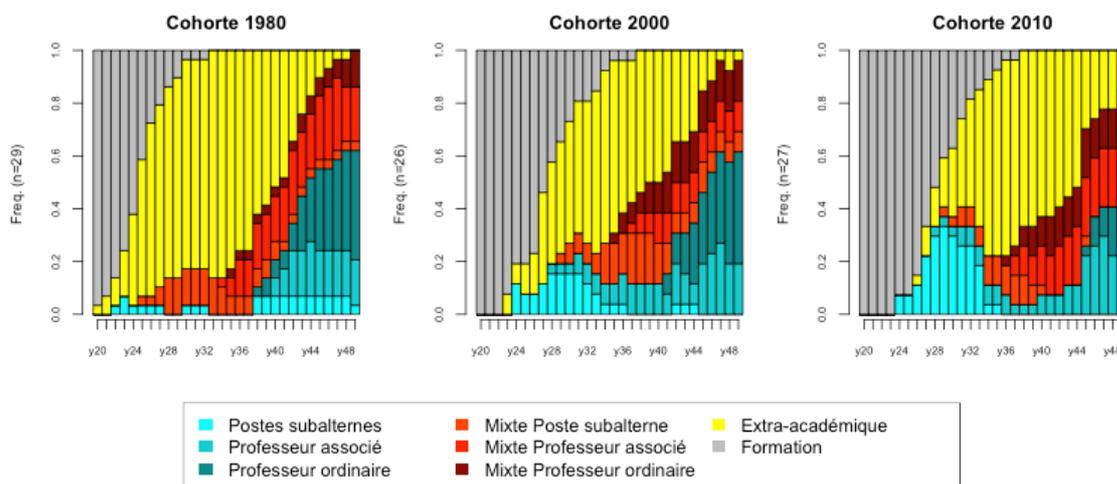
Age	Cohorte	Formation	Poste subalterne	Professeur associé	Professeur ordinaire	Extra-académique	Mixtes
30 ans	1980	38.5	46.2	0	0	15.4	0
	2000	32.4	58.8	0	0	8.8	0
	2010	36.5	55.6	0	0	6.3	1.6
40 ans	1980	0	69.2	21.3	0	0	7.7
	2000	0	67.6	26.5	5.9	0	0
	2010	0	58.7	34.9	0	6.3	0
50 ans	1980	0	7.7	30.8	53.8	0	7.7
	2000	0	2.9	23.5	73.5	0	0
	2010	0	6.3	44.4	44.4	4.8	0

Enfin, comme pour le type *excellence*, les carrières extra-académiques sont peu représentées. Quatre professeurs sur 13 ont passé au moins une année extra-académique en 1980, huit sur 34 en 2000 et 16 sur 63 en 2010. Le nombre moyen d'années passées hors de l'académie sur l'ensemble des carrières de *séniorité* reste très faible : 0.9 année pour 1980, 1.1 année pour 2000 et 1.3 année pour 2010.

5.2.3 Carrières parallèles

Le troisième type regroupe les carrières dont la majeure partie se déroule en parallèle à l'intérieur et à l'extérieur du champ académique. Ce modèle d'accumulation progressive de ressources extra-académiques tend à décroître avec le temps en termes d'effectifs. Représentant 26.1% des carrières en 1980, il passe à 17.3% en 2000 puis 12.9% en 2010. De plus, le modèle de succession des états se modifie quelque peu. En 1980, il s'agit quasi exclusivement de carrières suivant une logique où la formation débouche sur une longue carrière extra-académique ou mixte, puis une stabilisation tardive. La cohorte de 2010 montre une augmentation des passages par des postes académiques subalternes en début de carrière. Ce type de modèle alternant entre les positions académiques et extra-académiques compte pour 48.1% des trajectoires en 2010, alors qu'elles ne représentaient que 17.2% en 1980.

Figure 6.6 Carrières parallèles : distribution des états



La durée moyenne dans un poste subalterne double entre 1980 et 2010, passant de 1.1 à 2.2 ans. On peut interpréter ces changements comme une académisation progressive, par l'augmentation de la durée de la formation et la prise d'importance des carrières subalternes. En effet, on assiste à une augmentation en 1980 et 2010 des fréquences d'occupation des états *formation* (3.4% à 37.0%) et *carrières subalternes* (3.4% à 29.6%) pour l'âge de 30 ans. En contrepartie, la fréquence des professeurs occupant un poste extra-académique à 30 ans baisse de 79.3% en 1980 à 25.9% en 2010.

Tableau 6.16 Fréquences des états par âge et par cohorte pour le type *parallèle* (en %)

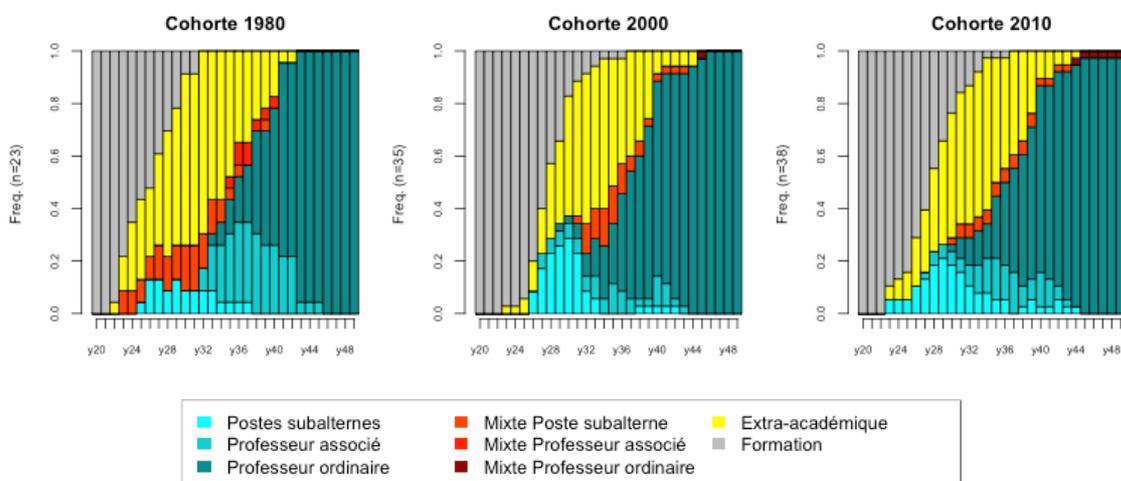
Age	Cohorte	Formation	Poste subalterne	Professeur associé	Professeur ordinaire	Extra-académique	Mixtes
30 ans	1980	3.4	3.4	0	0	79.3	13.8
	2000	26.9	15.4	3.8	0	46.2	7.7
	2010	37	29.6	3.7	0	25.9	3.7
40 ans	1980	0	6.9	6.9	6.9	51.7	27.6
	2000	0	0	11.5	0	50	38.5
	2010	0	0	7.4	0	63	29.6
50 ans	1980	0	0	13.8	48.3	0	37.9
	2000	0	0	11.5	50	7.7	30.8
	2010	0	0	18.5	33.3	7.4	40.7

Les carrières extra-académiques sont très fortement représentées puisque aucun professeur n'a effectué une carrière 100% académique. Tous les professeurs ont passé au moins une année dans la sphère extra-académique. Le type *parallèle* est caractérisé par une durée moyenne de la carrière extra-académique particulièrement élevée. Sans compter les carrières mixtes, les professeurs y passent en moyenne 13.7 ans en 1980, 9.5 ans en 2000 et 10.2 ans en 2010, ce qui se révèle nettement supérieur aux moyennes des cohortes qui se montent respectivement à 5.4, 3.6 et 3 ans. A 40 ans, 15 individus exercent une fonction dans la sphère privée en 1980, 13 individus en 2000 et 17 individus en 2010, auxquels se rajoutent huit parcours mixtes en 1980, dix en 2000 et huit en 2010. Au total, 21 professeurs sur 29 exercent une fonction extra-académique à 40 ans pour la cohorte 1980, 23 sur 26 en 2000 et 25 sur 27 en 2010.

5.2.4 Carrières de conversion

Le dernier type comporte des caractéristiques similaires au type *excellence académique*, mais les ressources en début de carrière sont acquises dans la sphère extra-académique. En ce sens, il s'agit dans leur grande majorité de carrières de conversion de capital extra-académique accumulé sur le court terme en poste de professeur stabilisé. De manière générale, on peut considérer l'acquisition des ressources dans la sphère privée comme une alternative aux ressources accumulées dans les postes académiques subalternes, puisque les deux types de carrières débouchent sur des postes de professeur ordinaire. On peut interpréter ce court passage dans le secteur privé caractéristique des carrières de conversion comme une sorte de valorisation des connaissances des « pratiques », sans pour autant qu'il soit nécessaire d'effectuer une longue carrière extra-académique, comme c'est le cas des carrières *parallèles*.

Figure 6.7 Carrières de conversion : distribution des états



Comme pour les carrières d'*excellence*, la stabilisation intervient relativement tôt dans la carrière, avec des âges de nomination moyens très proches des carrières d'*excellence académique* (39.6 ans en 1980,

38 en 2000 et 38.6 en 2010). Le pourcentage des professeurs occupant le poste de professeur ordinaire à 50 ans avoisine les 100% pour les trois cohortes. Deuxièmement, la proportion des professeurs occupant le poste de professeur ordinaire à 40 ans est importante, tout comme dans le cas des carrières d'*excellence*.

Le modèle de succession entre les états *formation, extra-académique, professeur associé* puis *professeur ordinaire* est rare et les passages par le poste de professeur associé relativement courts avec 2.7 ans en moyenne pour 1980, 1.1 an pour 2000 et 1.5 an pour 2010. Ce type de modèle concerne 7 professeurs sur 23 en 1980, 15 sur 55 en 2000 et 9 sur 38 en 2010.

Tableau 6.17 Fréquences des états par âge et par cohorte pour le type *conversion* (en %)

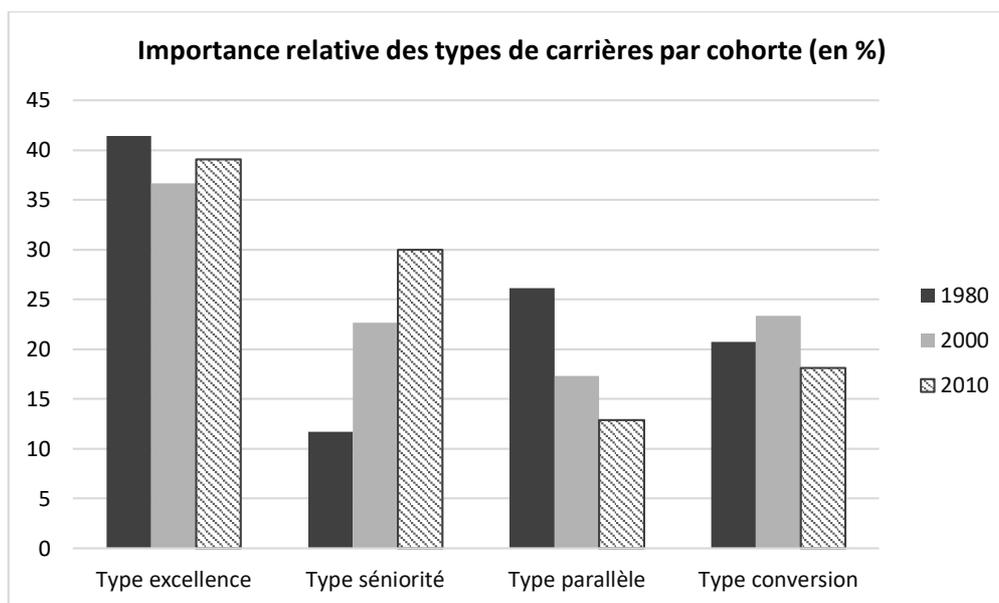
Age	Cohorte	Formation	Poste subalterne	Professeur associé	Professeur ordinaire	Extra-académique	Mixtes
30 ans	1980	8.7	8.7	0	0	65.2	17.4
	2000	17.1	28.6	5.7	2.9	45.7	0
	2010	23.7	18.4	5.3	2.6	47.4	2.6
40 ans	1980	0	0	26.1	52.2	17.4	4.3
	2000	0	2.9	11.4	74.3	8.6	2.9
	2010	0	2.6	13.2	71.1	10.5	2.6
50 ans	1980	0	0	0	100	0	0
	2000	0	0	0	100	0	0
	2010	0	0	0	97.4	0	2.6

Tout comme pour le type *parallèle*, les trajectoires sont très fortement marquées par des carrières extra-académiques, à la différence qu'elles sont beaucoup plus courtes. En effet, le temps moyen passé dans des postes extra-académiques est supérieur à la moyenne des trajectoires pour les trois cohortes (7.4 ans contre 5.3 en 1980, 5.9 contre 3.6 en 2000 et 6.2 contre 3 en 2010), mais demeure cependant bien plus basse que dans le cas des carrières *parallèles*. De même, la fréquence des états par âge montre une très forte proportion de postes extra-académiques à 30 ans mais qui chute fortement à l'âge de 40 ans, contrairement aux carrières *parallèles*.

Enfin, le temps de formation pour ce type augmente considérablement dans le temps. D'abord inférieur à la moyenne en 1980 (6.6 contre 7.8 ans en moyenne), il augmente pour rejoindre la moyenne de l'échantillon en 2000 avec 8.6 ans contre 9.1 de moyenne et 2010 (8.4 ans contre 9.2 en 2010). De même, la fréquence des professeurs en formation à 30 ans augmente de 8.7% en 1980 à 23.7% en 2010. Cette tendance à l'augmentation du temps de formation peut principalement être interprétée comme une conséquence de l'augmentation du taux des doctorats et reflète donc une forme d'académisation des carrières de conversion.

Pour terminer cette partie consacrée à l'analyse des types de carrières, la figure 6.8 résume l'importance relative des types de carrières en fonction des cohortes.

Figure 6.8 Importance relative des types de carrières en pourcentage par cohorte



Note sur les effectifs. Type Excellence (N=183) compte 46 professeurs en 1980, 55 en 2000 et 82 en 2010. Type Séniorité (N=110) compte 13 professeurs en 1980, 34 en 2000 et 63 en 2010. Type Parallèle (N=82) compte 29 professeurs en 1980, 26 en 2000 et 27 en 2010. Type Conversion (N=96) compte 23 professeurs en 1980, 35 en 2000 et 38 en 2010.

Les types *excellence* et *conversion* restent relativement stables en termes d'effectifs. Le type *séniorité* gagne en importance en passant de 11.7% en 1980 à 30% en 2010. A l'inverse, le type *parallèle* perd de l'importance en termes d'effectif, passant de 26.1% à 12.9% entre 1980 et 2010. Cette première partie conclut donc sur une dépréciation générale du modèle *parallèle* et une montée du modèle *séniorité*, tandis que les modèles d'*excellence* et de *conversion* se maintiennent sur l'ensemble des trois cohortes. En termes de représentativité des types, les carrières plus précaires et reflétant une accumulation lente de ressources scientifiques dans des postes subalternes prennent beaucoup d'ampleur dans la période récente, alors que la conversion de l'expérience extra-académique acquise sur le long terme en postes de professeurs semble de plus en plus difficile avec le temps. Ces résultats montrent bien que la clôture d'un champ, mesurée dans notre cas par le resserrement des modèles de carrières et des ressources valorisables pour l'accès aux postes de professeur stabilisé, se traduit par le déclin de certaines figures, à l'image des chercheurs plus extra-académiques, ou plus diversifiés, caractérisés des carrières de type parallèle.

5.3 Des profils différenciés selon le type de carrière

Cette dernière partie est consacrée au profil des professeurs qui composent les quatre types de carrières résultant de l'analyse séquentielle. Le but de cette partie est de comprendre dans quelle mesure les types de carrières sont associés à des profils particuliers et, le cas échéant, de quelle manière ceux-ci évoluent avec le temps. Nous nous concentrerons principalement sur la distribution des ressources scientifiques (disciplines et type de diplôme) et extra-académiques (membre d'une *spin-off* et année extra-académique) ainsi que sur deux indicateurs relatifs à la carrière académique : la carrière interne à l'EPFL et l'occupation d'un poste de professeur assistant au cours de la carrière et le pays du poste de professeur assistant. La distribution de ces variables selon les types de carrières est résumée dans l'annexe 7.2.

La caractérisation des types de carrières s'intéresse aux catégories surreprésentées ou sous-représentées au sein d'un type de trajectoire par rapport à la distribution générale. Les moyennes de composition sont donc systématiquement comparées à la distribution générale dans les échantillons.

A. Type *excellence*

Les catégories les plus représentées au sein des carrières d'excellence sont les professeurs de sciences de base (SB), détenteurs de doctorat, ayant effectué leur doctorat à l'étranger et ayant occupé un poste de professeur assistant au cours de leur carrière, majoritairement à l'étranger. Ce dernier point est particulièrement caractéristique de ce type de carrière, le taux de représentation des postes de professeur assistant à l'étranger dépassant largement la moyenne pour les trois cohortes (13% contre 7.2% en moyenne pour 1980, 23.6% contre 12% en 2000 et 31.7% contre 16.7% pour 2010). Il semble ainsi que les carrières d'excellence se définissent particulièrement par le fait d'avoir effectué une carrière à l'étranger. Il ne s'agit pas uniquement de professeurs de nationalités étrangères, puisque 43.75% des professeurs ayant occupé un poste de professeur assistant à l'étranger sont Suisses.

Lorsque l'on compare les trois cohortes, on trouve peu de variations dans la composition du type *excellence*. Du point de vue du type de diplôme, les doctorats sont surreprésentés pour la cohorte 1980 (91.3% contre 60.4% en moyenne). L'écart se réduit pour les deux cohortes suivantes, mais la proportion de doctorats demeure supérieure à la moyenne.

La faculté des sciences de base (SB) est clairement majoritaire dans ce type de carrières. La faculté d'informatique et des sciences de la communication (IC) est également bien représentée, même si elle l'est dans une moindre mesure que les sciences de base. De manière générale, les carrières d'*excellence* semblent s'associer aux sciences « pures », par opposition aux sciences « appliquées » telles que les sciences et techniques de l'ingénieur (STI) et surtout de l'environnement architectural, naturel et construit (ENAC) qui sont fortement sous-représentées dans ce type de carrière.

B. Type *séniorité*

Les catégories les plus représentées au sein du type *séniorité* sont la faculté ENAC et les carrières internes à l'EPFL. L'une des caractéristiques principales des carrières de *séniorité* est une surreprésentation des carrières internes à l'EPFL. En 1980, elles comptent pour 53.8% des carrières contre 24.3% en moyenne. Elles restent très importantes pour les deux autres cohortes avec 47.1% contre 25.3% en moyenne en 2000 et 36.5% contre 22.9% en moyenne pour 2010. Le nombre de professeurs détenteurs d'un doctorat reste proche de la distribution moyenne.

Les autres variables, si elles varient dans le temps, restent relativement proches de la distribution moyenne et ne semblent pas particulièrement caractéristiques de ce type de carrière. Il semble en effet que le type *séniorité* soit le moins bien défini en termes de composition. On note cependant deux changements significatifs selon les périodes. En 1980, le type *séniorité* est très majoritairement composé de professeurs de la faculté ENAC, ayant effectué une carrière académique à l'EPFL et dont le doctorat a été effectué en Suisse. En 2000 et 2010, le lieu du doctorat n'est plus significatif mais le fait d'avoir effectué un poste de professeur assistant à l'EPFL devient fortement caractérisant (11.8% contre 6.7% en moyenne en 2000 et 19% contre 11.9% en moyenne en 2010). Il apparaît ainsi que les logiques d'accumulation caractéristiques des carrières de séniorité sont fortement marquées par des carrières internes à l'EPFL, contrairement aux carrières d'excellence qui sont caractérisées par des carrières subalternes à l'étranger.

C. Type *parallèle*

Les carrières parallèles sont majoritairement composées de professeurs sans doctorat, de nationalité suisse et ayant effectué une grande partie de leur carrière hors du champ académique. De même, les professeurs effectuant des carrières parallèles possèdent peu de mandats de professeurs assistants mais, s'ils en ont, ils ont lieu en Suisse. Même si ce type de carrière concentre la plus forte proportion de professeurs sans doctorat, on constate une tendance à l'académisation des carrières parallèles pour les cohortes 2000 et 2010. En effet, la proportion des professeurs ayant effectué une carrière interne à l'EPFL ou ayant occupé un poste de professeur assistant en Suisse est supérieure à la moyenne pour les deux cohortes. D'un autre côté, le type *parallèle* fortement marqué par des parcours extra-académiques est également celui qui compte une majorité de professeurs ayant occupé au moins un mandat dans une *spin-off*, alors que ceux-ci sont sous-représentés dans les deux types précédents.

Du point de vue des disciplines, les professeurs de la faculté ENAC sont très fortement représentés pour les trois cohortes, bien que l'on note une importance croissante des professeurs de la faculté STI pour les cohortes de 2000 et de 2010. Ces derniers sont en effet encore mieux représentés que les professeurs ENAC pour 2010. De manière générale, on constate une forme d'alternative de carrière pour les professeurs ENAC entre les carrières de séniorité et les carrières parallèles.

D. Type *conversion*

Enfin, le dernier type de carrière est celui dont la composition évolue le plus avec le temps en termes de type de diplôme et de disciplines. Comme le type *parallèle*, le type *conversion* contient une proportion importante de professeurs ayant occupé au moins un mandat dans une *spin-off*.

En 1980, il est principalement composé de professeurs sans doctorat, majoritairement de professeurs de la faculté STI. En 2000, on constate une nette académisation de ce type de carrière au niveau du doctorat, puisque le taux rejoint la moyenne de l'échantillon. Les professeurs de la faculté IC sont également bien représentés aux côtés des professeurs STI. Les nationalités européennes restent dominantes. On constate une baisse significative des carrières internes qui pourrait témoigner d'un désancrage dans les logiques locales de production. En 2010, le type *conversion* garde globalement la même composition qu'en 2000. Le grand changement vient des disciplines représentées. En effet, ce type de trajectoire est fortement caractérisé par les professeurs de la faculté IC, plus que les professeurs de la faculté STI qui sont beaucoup plus présents dans le type *parallèle* en 2010.

Dans cette deuxième partie des résultats consacrée aux carrières, nous retenons un certain nombre de transformations mais également des continuités. D'abord, le mouvement d'académisation se traduit dans les carrières par l'augmentation en termes d'effectifs des carrières de séniorité ainsi que par la forte hausse des doctorats dans le type *conversion*. Ensuite, les liens avec le secteur privé semblent moins basés sur le recrutement de professeurs ayant accumulé du capital *extra-académique* dans des carrières parallèles, mais plus sur une valorisation des résultats de la recherche par le biais de *spin-off*. Cependant, on note également que les professeurs ayant occupé au moins un poste au sein d'un conseil d'administration d'une *spin-off* se situent majoritairement dans des carrières de type *parallèle* et *conversion*, bien plus que dans des carrières académiques (*excellence* et *séniorité*). Il semble ainsi que le modèle de valorisation par les *spin-off* remplace progressivement un modèle de liens directs basé sur l'accumulation de capital *extra-académique* au travers d'une carrière dans la sphère privée. De plus, les analyses typologiques et de composition semblent montrer une continuité des logiques disciplinaires dans la détermination des modèles de carrières. Les sciences de base (SB) restent caractérisées par des carrières académiques, alors que les sciences et techniques de l'ingénieur

(STI) ainsi que les sciences de l'environnement naturel, architectural et construit (ENAC) restent caractérisées par des carrières extra-académiques. Les nouvelles disciplines telles que l'informatique (IC) et les sciences de la vie (SV) semblent plus *hybrides* dans le sens qu'elles cumulent des carrières plutôt académiques et des participations dans des *spin-off*. Dans la dernière partie de l'analyse, nous chercherons à comprendre de quelle manière les profils et les carrières structurent l'espace des professeurs.

5.4 Des professeurs entre recherche *pure* et *appliquée*

Cette dernière partie est consacrée à la structure de l'espace des professeurs. En menant une ACM spécifique (Le Roux & Rouanet 2010) basée sur la distribution des capitaux scientifique et extra-académique des professeurs, nous allons chercher à analyser comment les logiques développées dans les deux parties précédentes interagissent entre elles. En d'autres termes, il s'agira de comprendre comment les dynamiques d'académisation et de liens avec le secteur privé définissent l'opposition entre sciences « pures » et « appliquées ». Par le recours à l'ACM spécifique, nous pourrions ainsi comprendre quelles catégories se révèlent structurantes et comment les individus se distribuent en fonction de leur profil. La structure des capitaux interprétés rationnellement permettra de déterminer dans quelle mesure l'espace des professeurs se structure selon une opposition entre sciences « pures » et « appliquées ».

5.4.1 L'espace des professeurs

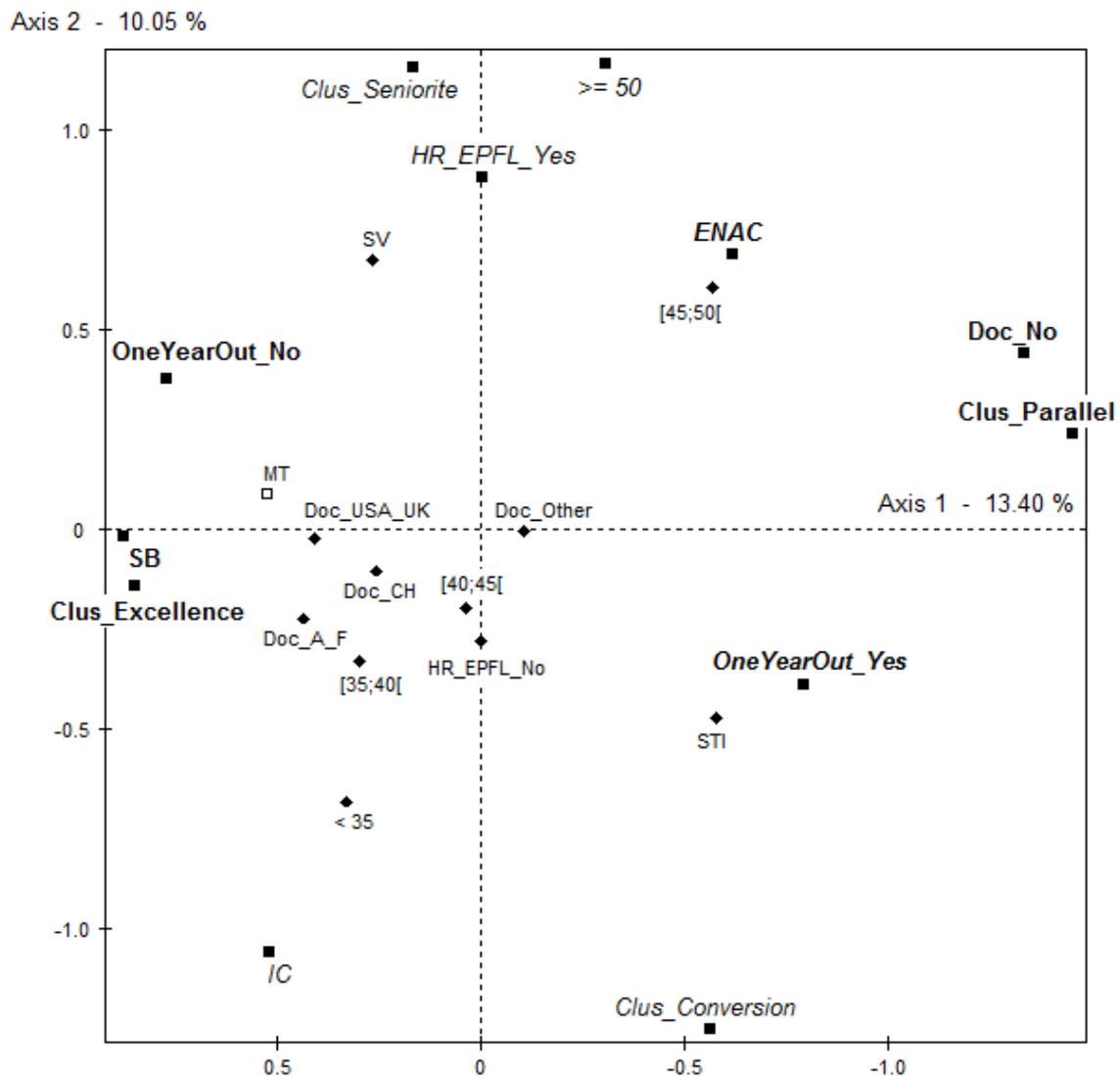
L'ACM spécifique est construite sur les trois cohortes réunies (N=471). Elle compte sept catégories actives et 24 modalités (17 dimensions). Une telle méthode permet d'intégrer des modalités *passives* sans modifier le poids de la catégorie, comme c'est le cas de la modalité CDM (Collège du management et de la technologie). Elle représente en effet moins de 5% du total des modalités de la catégorie *faculté*, et risque donc de surdéterminer l'espace. Le tableau 6.18 résume la variance et les taux modifiés pour les cinq premiers axes.

Tableau 6.18 Valeurs propres, variance et taux modifiés

Axes	1	2	3	4	5
Valeur propre	0.33	0.25	0.20	0.17	0.17
Variance (%)	13.38	10.45	8.36	7.18	6.81
Variance cumulée (%)	13.38	23.83	32.19	39.37	46.18
Valeur propre modifiée	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00
Taux modifiés	0.65	0.24	0.07	0.02	0.01
Taux modifiés cumulés	0.65	0.89	0.97	0.99	1.00

Nous avons retenu les deux premiers axes, comptant pour 89% de l'interprétation du modèle. Les sept catégories *actives* de l'ACM spécifiques sont la typologie des carrières, l'âge de nomination à l'EPFL, le lieu du doctorat, au moins une année extra-académique oui/non, carrière interne oui/non, les facultés et l'occupation d'au moins un poste dans un conseil d'administration d'une *spin-off*. Les contributions des catégories et des modalités pour les deux premiers axes figurent dans l'annexe 7.2. Les trois catégories *supplémentaires* sont les cohortes, le lieu du poste de professeur assistant et le nombre de mandats dans des conseils d'administration de firmes privées.

Figure 6.9 Espace des carrières des professeurs : nuage des modalités (1980, 2000, 2010)



Légende : En **gras**, les modalités qui contribuent plus que la moyenne à l'axe 1. En *italique*, les modalités qui contribuent plus que la moyenne à l'axe 2. En **italique gras**, les modalités qui contribuent plus que la moyenne aux deux axes. La variable MT (CDM) est une variable *passive* et ne contribue pas à la formation des axes. Comme nous ne disposons plus de la licence pour le programme SPAD, nous n'avons pas pu modifier le nom de la modalité dans la dernière version de la thèse.

Encadré 6.2 Contributions des variables et modalités actives aux axes de l'ACM

Les **quatre** variables qui contribuent au-dessus de la moyenne à la variance de l'**axe 1** ($100/7=14.28$) pour un total de 95.06% sont les suivantes : Typologie des carrières (31.79%), Au moins une année extra-académique (27.45%), Faculté (19.34%) et Lieu du doctorat (16.48%). **Sept** modalités contribuent au-dessus de la moyenne à la variance de l'**axe 1** ($100/24=4.17$) pour un total de 83.34%. A gauche de l'axe : Année extra-académique : Non (13.52%), Cluster excellence (12.24%) et SB (9.77%). A droite de l'axe : Cluster Parallèle (16.19%), Année extra-académique : oui (13.93%), Doc_No (13.41%) et STI (4.3%). Les **trois** variables qui contribuent au-dessus de la moyenne à la variance de l'**axe 2** à hauteur de 66.04% sont les suivantes : Typologie des carrières (29.5%), Faculté (22.22%) et Age de nomination à l'EPFL (14.33%). **Huit** modalités contribuent au-dessus de la moyenne à la variance de l'**axe 2** pour un total de 74.82%. Au nord de l'axe : Cluster Séniorité (13.66%), ENAC (11.23%), Carrière interne : Oui (8.85%) et Nomination après 50 ans (8.45%). Au sud de l'axe : Cluster Conversion (14.83%), Spin-off : Oui (7.14%), IC (5.34%) et STI (5.31%).

L'axe 1 est structuré par une opposition entre capital scientifique et capital extra-académique. A gauche de l'axe, on retrouve les professeurs ayant une carrière d'excellence académique et sans expérience extra-académique. A droite, on trouve les professeurs ayant une expérience importante dans le secteur privé et les membres du cluster Parallèle. L'axe 1 peut être interprété comme opposant les professeurs des disciplines « pures » et relativement internationalisés à gauche, et, à droite, les professeurs des disciplines plus « appliquées » et fortement dotés en capital extra-académique.

L'axe 2 reflète la structure et la temporalité des carrières en opposant les carrières d'accumulation au nord et les carrières de conversion au sud. Au nord, on trouve les professeurs avec une longue carrière avant stabilisation et qui ont été nommés à l'EPFL après 50 ans. Au sud, on trouve des professeurs plus jeunes ayant rapidement converti les ressources acquises en début de carrière en poste de professeur stabilisé.

Quatre fractions se dégagent du nuage des modalités. Au nord-ouest, la fraction *pure-accumulation* reflète les logiques scientifiques du pôle *autonome* de la hiérarchie scientifique. Elle est composée des professeurs dont la carrière représente un processus d'accumulation de ressources au sein du champ académique et qui n'ont occupé aucune position extra-académique. Cette fraction reflète la dimension temporelle des carrières de séniorité et la conversion des ressources scientifiques dans les positions dominantes de la hiérarchie scientifique. Au nord-est, la fraction *appliquée-accumulation* est composée des professeurs du pôle « appliqué » nommés tardivement et qui ne possèdent pas de doctorat. Deux processus alternatifs d'accès au poste de professeur sont représentés ici. D'un côté, une accumulation de capital scientifique issu d'un long parcours dans des postes académiques subalternes et, de l'autre, une accumulation de capital extra-académique issu d'une longue carrière extra-académique. Au sud-est, la fraction *appliquée-conversion* est celle des ressources extra-académiques converties dans des postes de professeur du pôle « appliqué ». Le capital extra-académique est converti rapidement en poste de professeur. Les professeurs de cette fraction sont ceux qui entretiennent le plus de liens avec le secteur privé, notamment par le biais des participations dans des *spin-off*. Au sud-ouest, la fraction *pure-conversion* semble témoigner d'une sorte d'alternative aux carrières académiques pour l'accès aux postes de recherche « pure » par une conversion de capital extra-académique acquis en début de carrière débouchant sur une nomination de professeur ordinaire tôt dans la carrière. Cette fraction reflète des logiques hétéronomes fonctionnant comme *alternative* aux carrières purement académiques.

La distribution des facultés montre l'impact important des disciplines dans la structuration de l'espace. Les sciences de base (SB) sont concentrées du côté des sciences « pures » et des carrières d'excellence académique à l'ouest de l'axe 1, tandis que les sciences de l'informatique et de la communication (IC) sont typiquement représentatives de la fraction *pure-conversion*, soit des carrières de conversion débouchant sur une stabilisation après une courte carrière dans le secteur privé. Les professeurs de la faculté ENAC reflètent les deux types de trajectoires alternatives caractéristiques de la fraction

appliquée-accumulation, soit une accumulation de capital scientifique soit une accumulation de capital extra-académique. Dans les deux cas, le processus d'acquisition des ressources s'effectue sur le long terme et débouche sur un poste stabilisé dans le pôle « appliqué ». Les professeurs des sciences et techniques de l'ingénieur (STI) situés dans le quadrant sud-est sont quant à eux fortement représentatifs de la fraction *appliquée-conversion* et d'un modèle de conversion de ressources extra-académiques vers les sciences « appliquées ».

Enfin, les sciences de la vie (SV), si elles se situent dans la fraction des *pure-accumulation*, ne contribuent pas à la formation de l'espace. En ce sens, les professeurs de sciences de la vie sont d'abord caractérisés par d'autres modalités que par leur discipline. Ceci est probablement dû à la « jeunesse » de la discipline, les parcours des professeurs étant certainement plus fortement liés à leurs spécialisations respectives qu'à un cursus spécifique à la discipline. Les sciences de la vie sont néanmoins majoritairement caractérisées par des carrières académiques : sur 25 professeurs en sciences de la vie, dix professeurs se trouvent dans le type *séniorité*, neuf dans celui d'*excellence*, trois dans le type *parallèle* et trois autres dans le type *conversion* (soit 40%, 36%, 12% et 12%). De plus, 11 professeurs sur 25 ont effectué au moins une année extra-académique.

Si l'on pouvait s'attendre à un rôle important des doctorats obtenus à l'étranger (et notamment aux Etats-Unis) dans le renforcement du capital scientifique, les résultats de l'ACM spécifique montrent que le lieu du doctorat n'est pas structurant. Ainsi, avoir obtenu son doctorat en Suisse ou ailleurs ne joue pas de rôle déterminant pour l'accession au poste de professeur. Le fait que les lieux de doctorat soient relativement bien distribués par rapport aux autres modalités indique qu'ils ne confèrent pas d'avantage significatif. Par contre, l'absence de doctorat agit comme facteur structurant. Afin d'affiner ces premières distinctions, nous projetons maintenant trois catégories supplémentaires dans le nuage des individus : les cohortes, le lieu du poste de professeur assistant et les mandats économiques.

5.4.2 Cohortes, lieu du poste de professeur assistant et mandats économiques

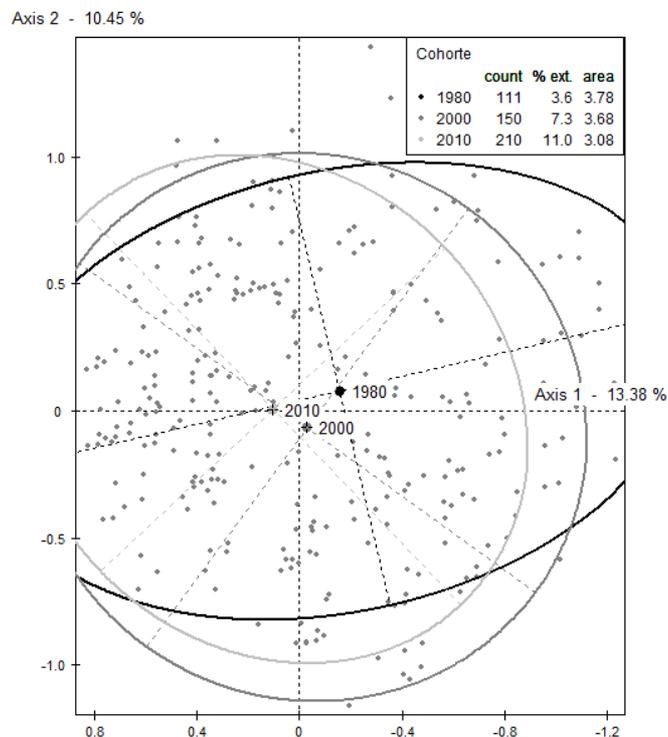
Cette seconde partie est consacrée à la distribution des individus selon trois aspects. Premièrement, la projection des cohortes dans le nuage des individus permet de réintroduire la dimension de comparaison historique pour voir dans quelle mesure la distribution des individus se modifie après l'introduction du modèle entrepreneurial. Deuxièmement, nous regarderons la distribution des individus en fonction du lieu du poste de professeur assistant. Nous avons montré que l'augmentation du nombre de professeurs ayant occupé un poste de professeur assistant apparaissait comme une dimension importante de l'académisation et de la professionnalisation des carrières. Le développement des postes de professeur assistant faisant partie intégrante du nouveau modèle d'identification de l'excellence, nous allons vérifier si cette augmentation n'est pas davantage due à la nouvelle structure des carrières et aux changements structurels qu'au modèle de l'université entrepreneuriale. Enfin, nous aborderons la distribution des professeurs sous l'angle des mandats économiques non exécutifs pour voir dans quelle mesure cette forme de lien extra-académique diffère des nouvelles formes de valorisation des résultats de la recherche par les *spin-off*.

Catégorie supplémentaire : cohortes

La projection des cohortes permet de réintroduire une dimension temporelle dans l'analyse. Un premier constat général montre une relative stabilité dans le temps de la structure de l'espace qui reste déterminé par l'opposition entre un pôle « pur » et un pôle « appliqué » ainsi que l'opposition dans la temporalité de l'acquisition des ressources. Nous pouvons cependant dégager deux tendances de changements dans le temps. Premièrement, le déplacement sur la gauche selon l'axe 1 témoigne

de l'académisation générale des carrières. Deuxièmement, la forme des ellipses de concentration montre un changement dans la distribution des individus et une forme de dichotomisation des carrières académiques sur l'axe 2 avec un renforcement des carrières de séniorité.

Figure 6.10 Nuage des individus : projection des cohortes (1980, 2000, 2010)



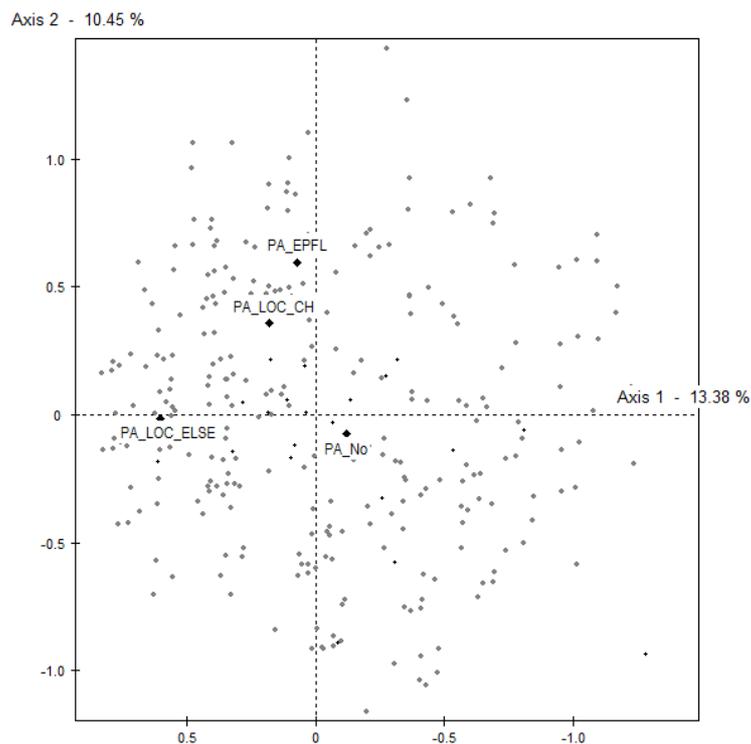
Légende : Cohortes d'appartenance : 1980, 2000, 2010. Les ellipses de concentration sont construites de sorte à inclure au moins 80% des individus de la cohorte (Le Roux & Rouanet 2010 : 70).

Pour la cohorte 1980, la forme allongée de l'ellipse le long de l'axe 1 montre une opposition entre les professeurs des pôles « pur » et « appliqué » et donc entre capitaux scientifique et extra-académique. Cela peut s'expliquer par le fait qu'à cette époque caractérisée par un ancrage local des relations industrielles, le capital extra-académique est valorisé, notamment dans sa dimension de capital social (lien direct avec le secteur privé). La recherche fondamentale semble majoritairement déconnectée de ces logiques. Pour la cohorte 2010, la distribution des individus reflète davantage une opposition sur l'axe 2. Cela peut être interprété comme une homogénéisation des carrières vers un modèle académique, avec cependant une opposition plus marquée selon les structures de carrières et l'âge de nomination.

Catégorie supplémentaire : lieu du poste de professeur assistant

La deuxième catégorie supplémentaire concerne le lieu du poste de professeur assistant. La projection du lieu du poste de professeur assistant montre une importante distinction entre les postes à l'EPFL et les postes à l'étranger. Il apparaît en effet que le lieu du poste de professeur assistant joue un rôle important dans la distribution des individus. L'ensemble de l'échantillon comporte 24.6% de professeurs ayant occupé un poste de professeur assistant durant leur carrière (N=116). En pourcentage par cohorte, la proportion augmente fortement d'une période à l'autre : 9% en 1980, 23.3% en 2000 et 33.8% en 2010.

Figure 6.11 Nuage des individus : projection du lieu du poste de professeur assistant



Légende : Les postes de professeur assistant sont répartis en quatre catégories : poste de professeur assistant à l'EPFL (PA_EPFL), poste de professeur assistant en Suisse (PA_LOC_CH), poste de professeur assistant à l'étranger (PA_LOC_ELSE) et sans poste de professeur assistant (PA_No).

Si les postes de professeur assistant se situent assez clairement du côté du pôle « recherche pure », on constate une distinction significative en fonction du lieu d'occupation du poste. Les individus ayant occupé un poste de professeur assistant à l'étranger sont fortement distribués du côté du pôle « pur », alors que les individus ayant occupé un poste de professeur assistant à l'EPFL sont plus proches des carrières d'accumulation. Sur le premier axe, les individus ayant occupé un poste de professeur assistant à l'étranger se distinguent clairement de ceux n'ayant jamais occupé de poste de professeur assistant (l'écart des coordonnées étant de 0.72). Sur le deuxième axe, les individus ayant occupé un poste de professeur assistant à l'EPFL se distinguent peu des professeurs ayant occupé un poste ailleurs en Suisse (0.23), mais plus fortement des postes à l'étranger (0.61) et des individus n'ayant occupé aucun poste (0.67). Ce résultat semble ainsi montrer une distinction entre deux logiques. D'une part, des professeurs stabilisés tôt dans leur carrière après une carrière de professeur assistant à l'étranger et, d'autre part, des professeurs nommés plus tard après une carrière de professeur assistant à l'EPFL. Il apparaît ainsi que le discours sur l'excellence prend la forme soit d'une importation de l'excellence de l'étranger, soit d'un modèle de carrière accumulatif à l'interne.

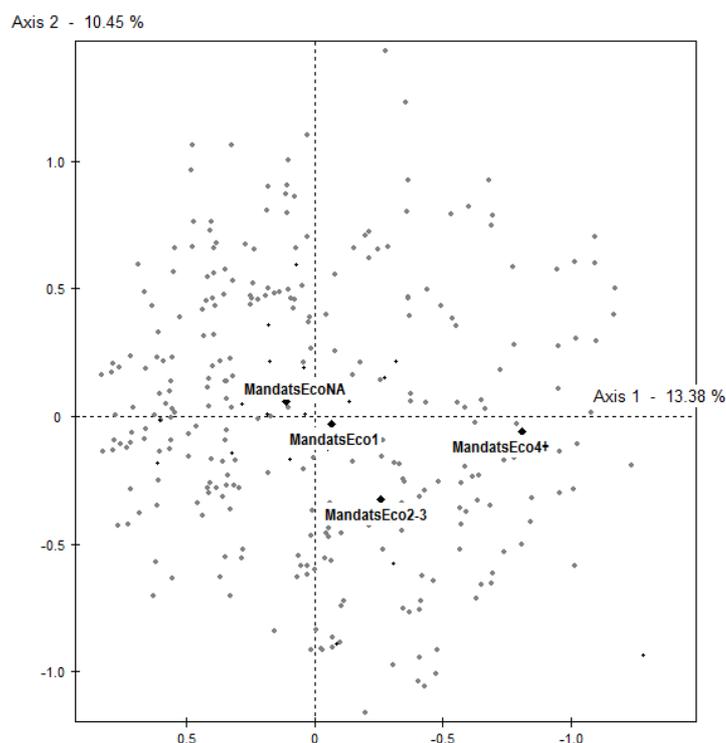
Un retour sur les typologies des carrières permet de renforcer cette interprétation. Pour l'ensemble des trois cohortes, les individus ayant occupé un poste de professeur assistant sont majoritairement représentés dans les carrières d'excellence, mais il s'agit surtout de postes de professeur assistant à l'étranger. En 2000, les postes de professeur assistant en Suisse, et encore plus fortement à l'EPFL, sont représentés dans les types de carrières parallèles et de conversion, alors qu'ils sont sous-représentés dans les carrières d'excellence. Pour 2010, on trouve des postes de professeurs assistants à l'EPFL dans les quatre types de carrières, mais ils restent surtout représentés dans les carrières de séniorité (19% contre 11.9% en moyenne). Les professeurs ayant occupé un poste de professeur assistant à l'EPFL ont en effet une durée moyenne plus élevée dans les postes subalternes que les

autres professeurs assistants (presque 10 ans contre 8 ans pour l'ensemble des professeurs assistants et 7.3 ans en moyenne pour toute la cohorte 2010) et sont nommés comme professeurs associés plutôt qu'ordinaires. De plus, ils ont une durée moyenne dans l'état *Professeur ordinaire* deux fois plus faible que les autres professeurs assistants (3.6 ans contre 6.6 ans et 6.7 ans pour la moyenne de la cohorte).

Catégorie supplémentaire : Mandats économiques

La dernière catégorie supplémentaire concerne les mandats économiques non exécutifs, soit les positions occupées dans des conseils d'administration d'entreprises privées. La projection de cette variable montre que le profil des professeurs ayant occupé un mandat dans une *spin-off* est similaire à ceux qui possèdent des mandats économiques dans d'autres firmes privées.

Figure 6.12 Nuage des individus : projection des mandats économiques



Légende : La catégorie est divisée en quatre modalités : sans mandat (MandatsEcoNA), un seul mandat (MandatsEco1), deux à trois mandats (MandatsEco2-3) et quatre mandats ou plus (MandatsEco4+). Ces modalités comptent respectivement pour 72.8%, 10.6%, 11.2% et 5.3% de l'effectif total.

Les individus possédant des mandats économiques se situent en effet clairement dans la fraction *appliquée-conversion*, caractérisée des professeurs de la faculté STI, des carrières extra-académiques et l'occupation de mandats dans des *spin-off*. Les modalités se distribuent selon l'axe 1 et reflètent ainsi l'opposition entre sciences pures et appliquées. L'écart des coordonnées entre les modalités *MandatsEcoNa* et *MandatsEco1* et la modalité *MandatsEco4+*, respectivement de 0.92 et 0.74 montrent un effet significatif des mandats économiques dans la répartition des individus.

Ce résultat semble montrer que si les *formes* des liens avec le secteur privé se modifient avec l'apparition des *spin-off*, ce ne sont pas les « stars » scientifiques mais plutôt les professeurs de sciences appliquées étant passés par des carrières dans le secteur privé qui concentrent les relations extra-académiques.

6. L'université entrepreneuriale, entre dynamiques parallèles d'académisation et de managérialisation

Dans ce chapitre, nous avons cherché à comprendre l'impact du modèle de l'université entrepreneuriale (Clark 1998, Aebischer & Ricci 2006) sur les profils et les carrières du corps enseignant au travers de l'exemple des professeurs de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne. Nous nous sommes concentré sur deux transformations principales : l'académisation et le développement de liens avec le secteur privé, que nous avons cherché à replacer dans leurs dynamiques disciplinaires et institutionnelles. Nous avons comparé trois cohortes composées des professeurs ordinaires et associés de l'EPFL en 1980, 2000 et 2010. Nous avons d'abord montré les tendances générales de ces transformations. Puis, nous nous sommes focalisé sur les transformations des modèles de carrières sous l'angle de l'accumulation et de la conversion des ressources scientifiques et extra-académiques. Enfin, nous avons cherché à replacer ces dynamiques dans l'espace des professeurs pour comprendre l'impact de ces changements sur la structure d'opposition entre disciplines « pures » et « appliquées ».

Les analyses menées sur un échantillon différent de celui du reste de la thèse ont permis d'aborder plus spécifiquement l'articulation entre la problématique de la transformation des institutions académiques et celle des carrières professorales, entre académie et secteur privé. Dans le cas des sciences de l'ingénieur, les parcours professionnels effectués en dehors de la sphère académique sont beaucoup plus fréquents, et rendent le processus de fermeture de l'institution sur des critères d'évaluation propres au champ scientifique plus visible que pouvait le montrer le cas des professeurs de biologie et de chimie. Cependant, si la spécificité du cas de l'EPFL rend particulièrement visibles les mécanismes de *managérialisation* et d'*autonomisation* évoluant en parallèle, la dynamique qu'elle illustre reflète un mouvement plus général qui affecte directement les marges du champ académique. Nous avons pu apporter une dimension supplémentaire à la définition du capital extra-académique : celle de l'occupation de mandats au sein de *spin-off*, de direction exécutive ou de membres de conseils d'administration de firmes privées.

Les points de synthèse articulés ici reprennent les trois hypothèses développées en début de chapitre. Nous incluons ensuite ces résultats dans la conclusion finale, afin d'en élargir les perspectives à une explication plus générale des transformations des cadres de l'activité scientifique basée sur l'entier du travail de thèse.

Des professeurs plus « scientifiques » et plus internationaux (H1). La dynamique générale d'académisation se vérifie largement mais semble plus liée aux changements structurels qu'au modèle de l'université entrepreneuriale. Premièrement, nos analyses montrent que l'augmentation du nombre de doctorats et de la durée des carrières en pré-stabilisation se vérifie déjà entre 1980 et 2000, même si elle se prolonge jusqu'en 2010. Les carrières académiques ont progressivement pris de l'importance face aux carrières extra-académiques, principalement de type *parallèle*, ce qui montre que la dynamique de clôture du champ se répercute de manière particulièrement visible sur la légitimité des types de carrière. Nos résultats témoignent ainsi de l'importance croissante accordée à la détention de capital scientifique pour l'accès aux postes stabilisés, ce qui constitue une preuve supplémentaire de l'autonomisation du champ. On peut cependant noter que le rôle des capitaux scientifique et économique reste différencié selon les disciplines, selon qu'elles sont proches des pôles *autonome* ou *hétéronome* de l'espace des professeurs. Malgré l'académisation des modèles de carrières pour les disciplines traditionnellement centrées sur l'expérience extra-académique, la distinction entre les capitaux scientifique et économique reste structurante de l'opposition entre sciences « pures » et « appliquées ».

Deuxièmement, la période récente montre un renforcement de la distinction entre deux types de carrières académiques : les carrières d'excellence et les carrières de séniorité. Cette opposition se base principalement sur la durée de la période de pré-stabilisation, qui s'accroît avec le temps (Fumasoli & Goastellec 2015a). La définition de l'excellence semble ainsi plus se baser sur le recrutement de professeurs ayant une carrière en pré-stabilisation à l'étranger que sur le développement à l'interne du modèle de *tenure-track*, puisque les professeurs qui ont occupé un tel mandat à l'EPFL sont majoritairement associés aux carrières de séniorité (Goastellec & Benninghoff 2011, Brechelmacher et al. 2015). Par contre, on observe que les professeurs du pôle « pur » ayant effectué une carrière d'excellence sont également ceux qui ont occupé un poste de professeur assistant, mais à l'étranger. Les ressources internationales semblent ainsi renforcer le capital scientifique et s'opposer structurellement aux ressources extra-académiques (Fumasoli et al. 2015).

Des professeurs plus « entrepreneurs » (H2). Nos résultats ne montrent pas seulement une dynamique d'académisation des carrières, mais ils soulignent également la prise d'importance du modèle de valorisation des résultats de la recherche par les *spin-off* dans la période récente, ce qui semble corroborer l'hypothèse du modèle du chercheur *entrepreneur* (Owen-Smith & Powell 2004, Bürgi 2011, Gaudillière 2015). Cette transformation s'accompagne d'une dévalorisation d'un modèle basé sur l'acquisition de capital extra-académique (Gugerli et al. 2010) au travers d'une carrière dans le secteur privé particulièrement visible pour la cohorte de 2010. Si on pourrait être tenté de conclure sur une forme de substitution des logiques de conversion de l'expérience professionnelle par de nouvelles logiques de commercialisation des résultats de la recherche, l'ACM spécifique toutefois a montré que les professeurs ayant occupé une position dans le conseil d'administration d'une *spin-off* sont également ceux qui possèdent une carrière extra-académique et des mandats dans des conseils d'administration de firmes privées. En ce sens, on assiste à une transformation des liens avec le secteur privé, mais les professeurs qui entretiennent ces liens restent caractérisés par des profils similaires en termes de ressources et de carrières. Dans le cas de l'EPFL, il semble ainsi que les figures du chercheur *entrepreneur* et du chercheur *industriel* (Gaudillière 2015) caractérisent la même fraction de l'espace des professeurs.

Ce que montre particulièrement bien le cas de l'EPFL, c'est que les dynamiques d'académisation et de managérialisation peuvent coexister et même se développer en parallèle, en se renforçant l'une et l'autre. L'adoption du modèle de l'université entrepreneuriale tend à favoriser les modèles de carrières basés sur l'accumulation de capital scientifique, en même temps qu'elle délégitime la conversion de capital extra-académique issu de positions exercées à long terme dans le secteur privé. Par contre, elle n'empêche pas des sorties de la sphère académique lorsqu'elles sont de courte durée, et offre la même possibilité de valoriser cette expérience pour l'accès aux postes de professeur ordinaire. En favorisant les carrières académiques, elle renforce la distinction structurale entre les carrières d'*excellence* et de *séniorité* basée sur la durée des mandats en pré-stabilisation, différence qu'elle n'arrive pas à contrer, malgré l'introduction du modèle de *tenure-track*. De plus, elle ne fait pas disparaître les spécificités des disciplines, qui ne se transforment pas au gré des aménagements institutionnels.

La détention de ressources scientifiques et extra-académiques reflète des logiques disciplinaires (H3). Malgré d'importantes transformations relatives à l'académisation et aux liens avec le secteur privé, nos résultats semblent montrer que les disciplines « classiques » d'ingénierie et des sciences de base restent structurantes des profils et des types de carrières. D'un côté, nous avons montré des transformations dans l'organisation institutionnelle des disciplines et leur importance relative en termes d'effectifs, surtout pour la cohorte de 2010. De l'autre, ces changements ne semblent pas se refléter sur la structure des carrières ni sur l'opposition entre sciences « pures » et « appliquées ». On observe en effet un lien fort entre les fractions de l'espace et les appartenances disciplinaires. Les

carrières académiques sont caractéristiques des professeurs de sciences de base (SB), tandis que les carrières de conversion de capital extra-académique vers des postes de recherche « pure » semblent correspondre aux professeurs d'informatique (IC). A l'opposé, les professeurs de la faculté ENAC sont fortement caractérisés par des carrières d'accumulation, au sein du champ académique ou dans la sphère privée. Enfin, les carrières des professeurs de la faculté STI sont représentatives des carrières de conversion vers la recherche « appliquée ».

La seule discipline qui n'est pas directement reliée à un modèle de carrière en particulier est celle des sciences de la vie (SV). Par ailleurs, elle présente une certaine forme d'*hybridation* de différentes particularités disciplinaires en donnant à la fois une importance accrue aux ressources scientifiques issues des carrières académiques typiques des sciences « pures », mais prêtent aussi une certaine importance à la valorisation des résultats par des *spin-off* qui sont plutôt rattachées aux sciences « appliquées ». Aucun résultat précis ne ressort de la position occupée par les professeurs de sciences de la vie dans l'espace, ce qui peut être interprété de deux façons. Premièrement, parce que les sciences de la vie étant relativement « jeunes », la discipline n'est pas suffisamment institutionnalisée pour qu'un cursus spécifique se soit imposé. Deuxièmement, la faculté des sciences de la vie regroupe des professeurs issus de différentes disciplines, notamment de sciences naturelles médicales, de biologie, de chimie et d'ingénierie qui restent marquées par leurs propres logiques disciplinaires. Tout comme l'ont été la biochimie et la biologie moléculaire, les sciences de la vie à l'état de proto-discipline (Gaudillière 1990) sont peut-être encore trop multidisciplinaires et ne bénéficient pas de l'autonomie disciplinaire suffisante pour proposer un rattachement propre à l'une ou l'autre fraction de l'espace, et ce malgré une institutionnalisation en tant que faculté au sein de l'EPFL, qui ne reflète pas une consolidation plus générale de la discipline (Benninghoff et al. 2014).

7. Annexes

7.1 Echantillon des professeurs de l'EPFL

Table 1 : descriptive sample information

	1980	2000	2010	Total
Effectifs	111	150	210	351
Sexe				
Homme	111	146	197	454
Femme	0	4	13	17
Faculté				
SB	36	39	60	135
ENAC	45	46	40	131
STI	30	49	46	125
IC	0	16	28	44
SV	0	0	25	25
CDM	0	0	11	11
Nationalité				
Suisse	90	88	88	266
Europe	16	39	66	121
USA et Canada	2	7	16	25
Autres nationalités	3	16	40	59
Pays du doctorat				
Suisse	47	61	69	177
Allemagne et France	8	22	41	71
USA et Royaume-Uni	9	31	57	97
Autres pays	3	12	27	42
Sans doctorat	44	24	16	84
Place of assistant professorship				
EPFL	0	10	25	35
Suisse	2	7	11	20
A l'étranger	8	18	35	61
Pas de position	101	115	139	355
Membre d'une <i>spin-off</i>				
Oui	7	34	47	88
Non	104	116	163	383

7.2 Récapitulatif de la composition des types de carrières par cohorte (en %)

Variables	Modalités	Clusters 1980					Clusters 2000					Clusters 2010				
		Excellence	Séniorité	Parallèle	Conversion	∅	Excellence	Séniorité	Parallèle	Conversion	∅	Excellence	Séniorité	Parallèle	Conversion	∅
Sexe	Homme	100	100	100	100	100	98.2	100	88.5	100	97.3	93.9	90.5	92.6	100	93.8
	Femme	0	0	0	0	0	1.8	0	11.5	0	2.7	6.1	9.5	7.4	0	6.2
Doctorat	Oui	91.3	53.8	31	39.1	60.4	90.9	79.4	65.4	85.7	82.7	96.3	95.2	70.4	94.7	92.4
	Non	8.7	46.2	69	60.9	39.6	9.1	20.6	34.6	14.3	17.3	3.7	4.8	29.6	5.3	7.6
Facultés	ENAC	19.6	69.2	65.5	34.8	40.5	21.8	47.1	46.2	17.1	30.7	12.2	23.8	33.3	15.8	19
	SB	58.7	7.7	10.3	21.7	32.4	40	20.6	7.7	22.9	26	41.5	31.7	0	15.8	28.6
	STI	21.7	23.1	24.1	43.5	27	23.6	26.5	46.2	42.9	32.7	13.4	15.9	51.9	28.9	21.9
	IC						14.5	5.9	0	17.1	10.7	14.6	6.3	3.7	28.9	13.3
	CDM			NA								7.3	6.3	0	2.6	5.2
	SV								NA			11	15.9	11.1	7.9	11.9
Nationalités	Suisse	78.3	76.9	89.7	78.3	81.1	61.8	52.9	65.4	51.4	58	35.4	41.3	51.9	50	41.9
	Europe	15.2	23.1	10.3	21.7	16.2	27.3	35.3	34.6	42.9	34	48.8	42.9	44.4	39.5	44.8
	USA et Canada	4.3	0	0	0	1.8	7.3	5.9	0	5.7	5.3	11	6.3	3.7	5.3	7.6
	Autre	2.2	0	0	0	0.9	3.6	5.9	0	0	2.7	4.9	9.5	0	5.3	5.7
Au moins une année extra-académique	Oui	13	30.8	100	100	55.9	23.6	23.5	100	91.4	52.7	15.9	25.4	100	92.1	43.3
	Non	87	69.2	0	0	44.1	76.4	76.5	0	8.6	47.3	84.1	74.6	0	7.9	56.7
Carrière interne	Oui	23.9	53.8	17.2	17.4	24.3	25.5	47.1	26.9	2.9	25.3	18.3	36.5	25.9	7.9	22.9
	Non	76.1	46.2	82.8	82.6	75.7	74.5	52.9	73.1	97.1	74.7	81.7	63.5	74.1	92.1	77.1
Doctorat à l'étranger	Oui	30.4	7.7	6.9	13	18	45.5	41.2	34.6	48.6	43.3	65.9	57.1	44.4	60.5	59.5
	Non	69.6	92.3	93.1	87	82	54.5	58.8	65.4	51.4	56.7	34.1	42.9	55.6	39.5	40.5
Pays du doctorat	Allemagne et France	10.9	0	6.9	4.3	7.2	12.7	14.7	11.5	20	14.7	22	22.2	7.4	18.4	19.5
	Suisse	60.9	46.2	24.1	26.1	42.3	47.3	38.2	30.8	40	40.7	30.5	38.1	25.9	34.2	32.9
	USA et Royaume-Uni	15.2	7.7	0	4.3	8.1	27.3	17.6	15.4	17.1	20.7	31.7	23.8	22.2	26.3	27.1
	Autres pays	4.3	0	0	4.3	2.7	5.5	8.8	7.7	11.4	8	12.2	11.1	14.8	15.8	12.9
	Sans Doctorat	8.7	46.2	69	60.9	39.6	7.3	20.6	34.6	11.4	16	3.7	4.8	29.6	5.3	7.6
Professeur assistant	Oui	17.4	0	0	8.7	9	32.7	29.4	23.1	2.9	23.3	46.3	36.5	25.9	7.9	33.8
	Non	82.6	100	100	91.3	91	67.3	70.6	76.9	97.1	76.7	53.7	63.5	74.1	92.1	66.2
Professeur assistant lieu	EPFL	0	0	0	0	0	3.6	11.8	15.4	0	6.7	9.8	19	11.1	5.3	11.9
	CH	4.3	0	0	0	1.8	5.5	5.9	7.7	0	4.7	4.9	6.3	11.1	0	5.2
	Etranger	13	0	0	8.7	7.2	23.6	11.8	0	2.9	12	31.7	11.1	3.7	2.6	16.7
Total		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

7.3 Contribution des modalités à la formation des axes de l'ACM spécifique

Variable	Modalité	Contribution à l'axe 1	Contribution à l'axe 2	N
Faculté	ENAC	4.64	7.68	131
	IC	1.09	6.11	44
	MT	--	--	11
	SB	9.59	0.00	135
	STI	3.88	3.45	125
	SV	0.16	1.40	25
	Total	19.35	18.64	471
Au moins une année extra-académique	Non	13.18	4.23	239
	Oui	13.58	4.36	232
	Total	26.77	8.59	471
Carrière interne	Non	0.00	3.41	358
	Oui	0.00	10.80	113
	Total	0.00	14.21	471
Pays du doctorat	Allemagne et France	1.26	0.44	71
	Suisse	1.09	0.24	177
	Sans doctorat	13.82	2.00	84
	Autres pays	0.04	0.00	42
	USA et Royaume-Uni	1.50	0.01	97
	Total	17.72	2.68	471
Age de nomination à l'EPFL	< 35	0.56	3.17	55
	[35;40[1.13	1.84	137
	[40;45[0.02	0.68	143
	[45;50[2.55	3.84	85
	>= 50	0.45	8.53	51
	Total	4.70	18.05	471
Typologie des carrières	Type Conversion	2.83	18.67	96
	Type Excellence	12.24	0.46	183
	Type Parallèle	16.12	0.58	82
	Type Séniorité	0.28	18.11	110
	Total	31.46	37.83	471

Note : En **gras**, les variables et modalités qui contribuent plus que la moyenne à la formation des axes (valeur-test >= 2).

Conclusion

Au terme de ce travail, nous proposons de revenir sur quatre dimensions qui, nous semble-t-il, résument les apports principaux de cette thèse. Dans cette conclusion, nous proposerons également quelques ouvertures auxquelles invite notre analyse des transformations des sciences naturelles aux sciences de la vie au travers des élites académiques de la biologie et de la chimie en Suisse au xx^e siècle.

De manière générale, cette thèse montre que les dynamiques de rapprochement, de différenciations et de reconfigurations disciplinaires se retrouvent dans les structures de distinction basées sur les relations objectives entre des professeurs inégalement dotés en capitaux (Bourdieu 1976 et 1984a) et, par là, souligne la dépendance entre la hiérarchie changeante des savoirs et la hiérarchie des pouvoirs sociaux *sur* la science (Gingras 2012 : 285). L'étude de ces élites académiques s'avère particulièrement intéressante car, en tant qu'individus qui occupent les positions à partir desquelles il est possible de définir et reproduire les normes et les cadres de l'activité scientifique (Mills 2012 [1956], Bourdieu 2001), il est possible d'analyser quelles sont les ressources, en termes de type et de volume, qui peuvent ou non permettre l'accès aux positions dominantes. Il apparaît ainsi que la hiérarchie des sciences telle qu'elle est (même informellement) abordée par les nombreux travaux consacrés aux disciplines de la biologie et de la chimie (Gros 1993 et 2003, Morange 1994 et 2016, Bensaude-Vincent & Stengers 1993, Baudet 2017, Magner 2002, Hopkins et al. 2007, Busset et al. 1997, Kupper et al. 2015) repose sur une hiérarchie sociale des positions, des ressources et des carrières des professeurs.

L'ascension de la biologie moléculaire dans la seconde moitié du xx^e siècle n'est pas proprement liée au développement de nouvelles techniques, mais à la légitimité particulière que lui ont conférée les pouvoirs économiques, politiques et scientifiques qui y ont vu une science *rationnelle* à même de proposer des résultats commercialisables (Gros 1993, Reinhardt 2002, Gugerli et al. 2010, Bürgi & Strasser 2010, Leresche et al. 2012). Cette rationalité a dépassé les frontières de cette discipline particulièrement expansive (Gaudillière 1990, Stettler 2002) et a engagé un mouvement de molécularisation de la biologie (Strasser 2006) qui a largement contribué à la diviser en deux pôles : la biologie I et la biologie II. Cette nouvelle biologie a été critiquée non seulement par les biologistes eux-mêmes (Strasser 2002), mais aussi par les chimistes (Bürgi 2005, Hafner 2011, Breiding 2013). Avant l'essor des biotechnologies, puis des sciences de la vie, la chimie dominait les relations entre industrie et académie dans les domaines de la pharmacie, de la chimie et de l'agriculture. C'est aussi l'intégration au sein des sciences biologiques d'une échelle *moléculaire* propre à la chimie et la physique qui a permis le développement de la biochimie, puis de la biologie moléculaire (Strasser 2002 et 2006, Gaudillière 1990 et 1991), à un point tel que certains parlent de la période de la « révolution du gène » (Maupertuis 1999, Bürgi & Strasser 2010, Gaudillière 2015) comme marquant la fin de la chimie (Bensaude-Vincent & Stengers 1993, Baudet 2017).

Si l'un des principes de différenciation des disciplines est bien l'importance du capital de ressources collectives qu'elles ont accumulé et, corrélativement, l'autonomie dont elle dispose à l'égard des contraintes externes, il est nécessaire, pour comprendre les mouvements de construction, d'ascension ou de déclin des disciplines, de prendre en compte autant leur histoire intellectuelle et sociale que les caractéristiques des individus qui les composent et leur propriétés collectives en tant que groupes (Bourdieu 2001). Après avoir passé en revue la littérature consacrée à l'histoire des disciplines et montré comment la biologie s'était différenciée entre un pôle *physico-chimique* et un pôle traditionnel, mais aussi rapprochée de la chimie dans le domaine des *sciences du vivant* (Gros 1993, Stettler 2002), nous avons exploré le cas suisse et décrit la façon dont il s'insérait dans une dynamique

plus globale de transformation des disciplines, notamment dans les périodes de développement des collaborations entre académie et industrie (Simon 1997 et 2010, Tamm 1997, Tanner 1998, Straumann 2005, Gugerli et al. 2010, Wirz-von Planta 2016), de création de la biologie moléculaire (Strasser 2002 et 2006, Bürgi 2005, Wirz-von Planta 2016), de l'effet de la « révolution du gène » sur l'hybridation des disciplines de la biologie et de la chimie et l'essor des biotechnologies, puis des sciences de la vie (Straumann 1997, Tamm 1997, Tanner 1998, Stettler 2002, Gugerli et al. 2010, Leresche et al. 2012, Breiding 2013, Benninghoff et al. 2014, Haller 2015).

Dans la partie empirique de la thèse, nous avons d'abord abordé l'évolution de la hiérarchie des disciplines sous un angle institutionnel et pu conclure sur le rôle des logiques endogènes mais aussi exogènes au champ académique dans les mouvements de différenciation et de convergence des disciplines de la biologie et de la chimie, en dressant un portrait plus large et permettant par là d'intégrer la problématique de l'affirmation de la biologie moléculaire dans le cadre des autres sous-disciplines en relation avec elle. Nous avons ensuite montré comment les distinctions entre les disciplines et les professeurs se structuraient autour de ressources scientifiques, institutionnelles, internationales et extra-académiques accumulées au cours des carrières des professeurs, puis comment les collaborations interdisciplinaires et le capital social conféré par la position occupée dans les réseaux de collaboration des projets financés par le FNS se distribuaient en fonction des disciplines et des positions occupées dans l'espace des professeurs.

En menant une prosopographie de l'ensemble des professeurs de biologie et de chimie en Suisse au xx^e siècle, nous avons rassemblé et analysé un matériau de recherche particulièrement riche qui nous a permis d'aborder les transformations des disciplines autant du point de vue des individus que des institutions (Lemerrier & Zalc 2008, Lemerrier & Picard 2012). Puisque c'est au travers de ces cadres que se définissent les enjeux de la lutte pour l'autorité scientifique, propre aux rapports de pouvoir existant entre les disciplines et les savants eux-mêmes (Bourdieu 2001, Gingras 2012), l'analyse des élites académiques permet, en sens inverse, de proposer une façon innovante d'aborder la dynamique changeante des cadres de l'activité scientifique. Cette étude a aussi montré, en révélant la diversité des profils et des carrières des professeurs, l'intérêt de définir l'élite académique non pas en fonction de critères de performance ou de légitimité scientifique (Zuckermann 1977, Lazega et al. 2006, Parker et al. 2010), mais en fonction d'un critère positionnel, en prenant en compte les individus qui occupent les plus hautes fonctions de la hiérarchie des postes académiques (Coenen-Huther 2004, Mills 2012 [1956]). Cette diversité a aussi permis d'analyser l'élite académique selon les logiques de distinction qui la structurent (Bourdieu 1979, 1984b, 1989, 1994). Finalement le cas de l'essor de la biologie moléculaire et son avènement en tant que *Big science* (Strasser 2006, Leresche et al. 2012) aura effectivement été un excellent exemple des dynamiques changeantes des hiérarchies disciplinaires (Gingras 2012).

1. Les principales structures d'opposition de l'espace des professeurs reflètent celles du champ académique

Un premier grand résultat est que l'analyse de l'espace des professeurs montre une analogie très marquée avec la structure du champ académique analysé par Bourdieu (1984a). Dans son programme de recherche, il fait l'hypothèse que la comparaison de différents cas permettrait de retrouver les mêmes oppositions essentielles, bien que pouvant s'exprimer de façon différente et dans des proportions plus ou moins marquées (Bourdieu & Wacquant 1992). Nous avons identifié quatre types de capitaux structurants de l'espace des professeurs de biologie et de chimie. D'abord, le capital scientifique mesure le degré d'autorité et de crédibilité des professeurs, soit leur « prestige »

personnel en termes de consécration par l'obtention de prix, de passages par des institutions prestigieuses durant la carrière et par le nombre de projets et les financements accordés pour la recherche (Bourdieu 1976 et 1997b). Ensuite, le capital institutionnel lié à l'occupation de positions exécutives au sein des institutions académiques mesure le pouvoir *temporel* sur les moyens de production et de reproduction des normes académiques, notamment sur les nominations et les carrières (Bourdieu 1984a et 1997b). Le capital extra-académique est relié à l'expérience acquise en dehors de l'académie et mesure le degré d'expertise « pratique » accumulée lors de mandats effectués par exemple dans les divisions de recherche des firmes privées ou les laboratoires cantonaux et nationaux. Enfin, le capital international mesure l'expérience rattachée au fait d'avoir effectué un séjour à l'étranger et fonctionne comme un indicateur de la légitimité procurée par la mobilité internationale (Bühlmann et al. 2013). Tout comme le champ académique, l'espace des professeurs est structuré par deux axes d'opposition principaux : un premier basé sur la structure du capital entre capitaux scientifique et international (pôle *autonome*) et capitaux institutionnel et extra-académique (pôle *hétéronome*) qui reflète la distinction identifiée par Bourdieu entre pouvoir scientifique et pouvoir temporel (Bourdieu 1976, 1984a, 1997b et 2001), et un second basé sur le volume global de capital spécifique à l'espace.

L'analyse des correspondances (Lemerrier & Zalc 2008, Le Roux & Rouanet 2010, Lebaron & Le Roux 2013, Duval 2013, Hjellbrekke 2018) entre les modalités de ces différents capitaux a permis de dégager quatre types de profils correspondant à quatre configurations spécifiques de capitaux : les *scientifiques consacrés* sont une figure typique des années 1980 qui inclut les professeurs qui cumulent les capitaux scientifique, institutionnel et social. Les *faiseurs de science* sont quant à eux plus représentatifs de la période récente. Ils représentent la fraction la plus autonome de l'espace et se caractérisent par une structure du capital basée sur le capital scientifique et international. Les *scientifiques importés* sont les professeurs les plus internationalisés et les *outsiders locaux* regroupent les professeurs les moins dotés en ressources de manière générale, mais qui détiennent aussi le plus de capital extra-académique. Au travers de l'évolution de ces profils dans le temps, nous avons pu montrer comment l'espace des professeurs s'était autonomisé, notamment par le biais du recul des professeurs possédant un capital spécifique plus diversifié au profit de ceux qui possèdent un capital plus unifié autour des ressources scientifiques et internationales.

Nous avons pu montrer que l'espace des professeurs de biologie et de chimie, s'il se structurait globalement de manière homologue au champ académique décrit par Bourdieu (1984a), en proposait une variation en raison de l'existence de deux types différents de capital institutionnel. D'un côté, on trouve un capital institutionnel lié aux fonctions exécutives dans les institutions universitaires, notamment celles de recteur et de doyen, qui s'oppose clairement au capital scientifique. Ces deux types de capitaux forment d'ailleurs l'axe principal d'opposition qui structure les relations entre les positions des professeurs et ce ne sont pas les mêmes disciplines qui occupent ces deux fractions de l'espace. Le pôle scientifique est formé des professeurs de sous-disciplines plus prestigieuses (biologie moléculaire, biochimie, sciences naturelles médicales) que le pôle institutionnel, où les détenteurs du capital temporel sont plutôt des représentants des disciplines dominées, comme la biologie I. De l'autre côté, on trouve un second type de capital institutionnel, lié cette fois aux fonctions de membres des institutions de promotion et de financement de l'activité scientifique, à l'image de l'ASSN et du FNS, deux institutions particulièrement influentes dans le paysage académique suisse (Fleury & Joye 2003, Benninghoff & Leresche 2003, Lepori 2007, Benninghoff & Braun 2010, Kupper et al. 2015). Cette forme de pouvoir temporel apparaît comme davantage conciliable avec la détention de capital scientifique, et les professeurs au bénéfice d'un fort volume global de capital sont aussi ceux qui siègent dans ces comités. La distinction entre deux types de capital institutionnel est surtout valable pour les professeurs de biologie. L'opposition entre capital scientifique et institutionnel apparaît

comme moins structurante pour la chimie, de même que la différenciation entre les deux types de capital institutionnel est moins saillante, les deux apparaissant même structurants de la même dimension de l'espace des professeurs de chimie.

Nos analyses montrent en effet qu'il existe une structure différenciée de la biologie et de la chimie qui se répercute sur les principaux axes d'opposition qui définissent les relations entre les professeurs dans leurs espaces spécifiques (Le Roux & Rouanet 2010, Hjellbrekke 2018, Hjellbrekke & Kornses 2016). La biologie est clairement divisée en deux pôles, celui de la biologie *historique* ou *évolutive* et celui de la biologie *fonctionnelle*, institutionnellement définies par les termes de biologie I et de biologie II. Cette différenciation suit d'abord une logique de structure du capital. La biologie II, qui bénéficie d'une autorité scientifique et d'une crédibilité auprès des pouvoirs politiques et du secteur privé plus élevées que la biologie I, est aussi celle qui est associée aux positions dominantes en termes de capital scientifique. A l'opposé, les professeurs de biologie I sont globalement moins dotés en capitaux scientifique et international mais sont par contre les plus extra-académiques et les plus présents dans les rectorats et les décanats. La chimie n'est pas aussi stratifiée que la biologie. Les grands domaines de la chimie ne se distinguent pas particulièrement ni en termes de structure, ni en termes de volume du capital, à l'exception de la chimie industrielle qui présente des caractéristiques similaires à la biologie I. La discipline est plutôt organisée en fonction de différents secteurs d'activité. Contrairement à la biologie qui est sous-divisée en de nombreuses spécialisations et autant de sociétés spécialisées, la chimie ne possède qu'une seule société représentant la branche académique de la discipline – la Société suisse de chimie – mais compte d'autres sociétés faisant par exemple la promotion des intérêts des entreprises du secteur ou des chimistes praticiens. La chimie est ainsi plutôt divisée en fonction de son degré d'applicabilité avec un pôle fondamental, un pôle appliqué et un pôle consacré à la recherche et développement. Malgré ces différences, les deux disciplines restent profondément ancrées dans les logiques de structure de l'espace des professeurs et, par extension, dans celles du champ académique.

2. Les carrières des professeurs sont insérées dans les structures de l'espace des positions

Cette thèse a aussi montré qu'il était possible d'intégrer une dimension temporelle et biographique aux analyses classiques des espaces et des champs. D'abord, il est possible de distinguer des axes de structuration différents selon les cohortes qui montrent un déplacement temporel vers des logiques plus autonomes que nous décrivons comme dernier point de cette conclusion. Un deuxième grand résultat concerne l'insertion des carrières professorales dans les logiques de structure de l'espace des professeurs et les liens que l'on peut identifier entre les trajectoires et les positions occupées (Abbott 2001b, Toft 2019, Rossier 2019). Il a été possible d'intégrer les carrières des professeurs comme des « chemins » d'accumulation et de conversion des différents capitaux (Savage et al. 2005) et d'associer des types de carrières à des profils types décrivant des configurations spécifiques de ressources. L'analyse de séquences (Abbott & Hrycak 1990, Gabadinho et al. 2011, Elzinga 2014, Blanchard et al. 2014, Dlouhy & Biemann 2015) a permis d'aborder non seulement quels types de capitaux ont pu être acquis par quel type d'expérience académique et extra-académique, mais aussi le rythme, la temporalité et la succession des étapes de ces trajectoires qui renseignent sur la forme changeante des carrières (Goastellec & Benninghoff 2011, Fumasoli et al. 2015). Nos résultats montrent ainsi comment les types de carrières peuvent avoir un effet explicatif sur les positions occupées par les professeurs et, donc, que la façon dont les ressources sont accumulées contribue à favoriser l'accès à certains types de fonctions.

D'une manière générale, nos analyses montrent que les critères de sélection de l'élite académique suivent une logique de distinction basée sur le type et le volume de capital scientifique. Les positions dominantes sont occupées par les professeurs qui condensent le maximum de ressources en termes de prestige scientifique et de moyens de faire de la recherche. Notre analyse souligne ainsi que l'effet de monopolisation de la reconnaissance, qui est à la base du système de rétribution symbolique établi pour et par les pairs du champ scientifique (Merton 1973, Bourdieu 1976, 2001), marque par son indéniable actualité. On retrouve cette hiérarchie des positions dans la hiérarchie des disciplines, puisque la biologie moléculaire, au bénéfice d'une légitimité particulièrement importante, est largement composée de professeurs du profil *scientifiques consacrés*, qui cumulent un fort volume de capital spécifique. A l'inverse, des disciplines d'une plus faible reconnaissance symbolique, comme la biologie I et la chimie industrielle, sont associées aux professeurs moins dotés en capitaux.

Ces principes de sélection différenciés se retrouvent dans l'analyse des carrières des professeurs. Un rythme de progression rapide agit comme une reconnaissance du « talent » ou du « potentiel » de candidats dont la nomination relativement tôt dans la carrière jouera comme une marque de crédibilité et de légitimité particulière pour continuer à cumuler les distinctions et les financements pour la recherche (Merton 1968, Bühlmann 2008). Par contre, des carrières plus lentes caractérisées par de longues phases d'occupation de postes en pré-stabilisation ne permettront qu'à de rares exceptions d'accéder aux positions les plus dominantes, après avoir progressivement creusé une différence difficilement surmontable (Sapin et al. 2007). Par ailleurs, nos résultats montrent une transformation historique des modèles de carrière, vers un allongement de la durée de la période de pré-stabilisation dans la période récente, caractéristiques des carrières de *séniorité* et de *localisme*, ainsi que d'un retrait de la possibilité de convertir l'expérience extra-académique en position de professeur. Notre analyse confirme les tendances générales identifiées dans la littérature consacrée aux carrières académiques : celles-ci sont plus formelles et plus standardisées autour de critères académiques, requièrent la détention d'un doctorat et incluent de plus en plus fréquemment une période postdoctorale, souvent à l'étranger, qui peut fonctionner comme un marqueur d'excellence en fonction de sa durée et du prestige de l'institution d'accueil (Enders & De Weert 2004, Enders 2005, Goastellec & Benninghoff 2011, Brechelmacher et al. 2015, Fumasoli et al. 2015). Elle montre aussi une tendance à l'accroissement d'un écart entre les parcours qui remplissent ces conditions et ceux qui ne les remplissent pas, qui favorise une précarisation d'une partie du corps académique (Fumasoli & Goastellec 2015a). Le cas des femmes professeures est un exemple, hormis quelques exceptions, de ces inégalités basées sur la forme et la temporalité des carrières. Leur accès très limité à la mobilité internationale sur le long terme, pour des raisons liées aux inégalités de genre qu'il faudrait analyser plus en profondeur mais qui ont largement été décrits dans la littérature (Sanchez-Mazas & Casini 2005, Alvarez & Parini 2005, Marry 2008, Ecklund et al. 2012, Lefevre et al. 2018), est un des aspects qui semblent favoriser la permanence du « plafond de verre » (Laufer 2004) et une impossibilité structurelle d'accéder aux positions les plus élevées de la hiérarchie académique.

Un deuxième apport de l'analyse des carrières réside dans le fait qu'elle a permis d'identifier deux types d'internationalité basés non pas sur le prestige des institutions visitées, mais sur la durée des séjours à l'étranger. D'un côté, les mobilités de courte durée fonctionnent comme des signaux pour l'accès aux positions dominantes et des longues carrières menées à l'extérieur de la Suisse, en majorité le fait de professeurs issus des pays limitrophes de la Suisse et recrutés sur un critère basé sur ce capital international. La durée de la période de pré-stabilisation est en général un critère important pour l'accès aux postes de professeur et oppose des rythmes d'accumulation rapide de capital en début de carrière directement convertible en stabilisation aux fonctions les plus élevées de la hiérarchie institutionnelle aux carrières plus lentes qui sont non seulement plus précaires, mais aussi celles qui ne permettent en général pas l'accès à de tels postes.

3. L'interdisciplinarité s'inscrit d'abord dans des logiques disciplinaires

Un troisième grand résultat concerne la structuration disciplinaire de l'interdisciplinarité et du capital social, qui semble davantage plaider pour la thèse d'une résilience des disciplines (Abbott 2001a, Bourdieu 2001, Lamy & Shinn 2006, Marcovich & Shinn 2011, Heilbron & Gingras 2015, Louvel 2015) que de celle d'un effacement de leurs frontières au profit d'une forme de transdisciplinarité qui caractériserait la période récente (Gibbons et al. 1994, Nowotny et al. 2003). Cette permanence des logiques disciplinaires a pu être constatée dans la fréquence des collaborations interdisciplinaires qui reste très variable selon les disciplines et les sous-disciplines (Morillo et al. 2001, Chen et al. 2014, Larivière et Gingras 2014). L'analyse du réseau des co-requêtes de projets FNS a montré que si la biologie II et les sciences médicales pouvaient établir des liens assez nombreux par l'intermédiaire des professeurs co-requérants des projets, ce n'est pas le cas des autres sciences naturelles, comme la chimie et la physique, qui sont moins fréquemment reliées à des projets dans d'autres disciplines. Globalement, le réseau des projets et des professeurs de chimie est bien plus vaste que dans le cas de la biologie, qui compte un nombre plus élevé de professeurs, mais un nombre plus faible de projets. Nos résultats corroborent le constat d'un fort degré d'intégration des sciences biologiques et médicales (Gros 1993, Chen et al. 2014, Benninghoff et al. 2014, Morange 2016), mais pas celui d'une chimie occupant une place au centre des collaborations entre le triangle des sciences fondamentales qu'elle forme avec la biologie et la physique (Reinhardt 2002, Baudet 2017). La chimie apparaît ainsi comme peu interdisciplinaire, à l'exception de la chimie industrielle qui, bien que regroupant des professeurs faiblement dotés en ressources liées aux positions occupées dans le réseau, développe de nombreuses collaborations dans la période récente, notamment avec la biologie. Ces aspects entrent en résonance avec une définition des sciences de la vie qui se développent en réunissant la biologie et la médecine, mais aussi en intégrant des techniques axées sur les produits et leur contrôle, un domaine traditionnelle rattaché à la chimie industrielle et analytique.

Ensuite, nos analyses soulignent une hiérarchie dans la distribution du capital social des professeurs qui se recoupe avec celle des positions dans l'espace des relations objectives entre les autres capitaux (scientifique, institutionnel, international et extra-académique). Cette homologie montre qu'il est possible de considérer les collaborations scientifiques comme une ressource qui revêt un caractère hybride : elles confèrent aux professeurs autant du capital scientifique mesuré par le nombre de projets obtenus, du capital économique lié aux moyens financiers de la recherche et un capital social composé des relations interpersonnelles mobilisables (Bourdieu 1980b et 1986, Lenoir 2016, Eloire 2014 et 2018) qu'un pouvoir spécifique conféré par la position occupée dans la structure du réseau (Borgatti et al. 1998, Burt 2002, Godechot 2010, Maillochon 2010, Mercké 2011). Une définition du capital social en termes du nombre et du type de relations objectives rend possible l'articulation entre la théorie des champs, l'analyse des correspondances multiples et l'analyse de réseaux (De Nooy 2003, Bühlmann et al. 2013, Denord 2015) en créant un lien entre propriétés individuelles et collectives.

Il apparaît cependant que ce capital social mesuré par la position occupée dans la structure des réseaux de co-requêtes de projets FNS n'est pas un facteur déterminant du degré d'interdisciplinarité (Leydesdorff 2007), a contrario de la fonction occupée dans les projets, de leur discipline et de celle des co-requérants. Globalement, il est très rare qu'un professeur dépose et obtienne un projet dans une autre discipline que la sienne en tant que requérant principal, mais cela est par contre beaucoup plus facile dans le cas des requérants secondaires. Pour les professeurs de 1980, les sciences naturelles médicales et, plus largement, le domaine de la médecine sont privilégiés dans les collaborations et peuvent agir comme des disciplines ressources. En 2000, c'est la biologie qui prend cette fonction et les collaborations entre les professeurs de biologie et de chimie se font plus fréquentes que par le passé.

Enfin, les pratiques interdisciplinaires en elles-mêmes ne peuvent fonctionner comme une ressource pour les professeurs qu'à condition qu'elles restent effectuées de manière ponctuelle. Nos analyses ont montré l'existence d'un seuil au-delà duquel les collaborations interdisciplinaires ne semblent plus constituer une ressource (Larivière et Gingras 2010). L'interdisciplinarité à faible fréquence peut répondre à deux types de stratégies différentes selon qu'elle est pratiquée par des professeurs occupant des positions dominantes dans l'espace ou par des professeurs plus internationaux. Dans un premier cas, lorsqu'elle est le fait des *scientifiques consacrés*, elle répond à une logique de maintien et de renforcement d'une crédibilité déjà acquise et un volume de capital scientifique, institutionnel et social particulièrement élevé. Dans un second cas, elle peut être comprise comme une stratégie visant à pallier un manque de ressources spécifiques notamment de la part des *scientifiques importés*, majoritairement des chimistes qui cherchent à intégrer des professeurs de sciences naturelles médicales dans des projets qu'ils déposent en tant que requérants principaux dans le but de bénéficier du statut privilégié de la discipline et d'augmenter significativement leur capital scientifique. En ce sens, nos résultats concluent sur un lien entre les pratiques interdisciplinaires et le type de discipline, mais aussi le type de position occupée dans l'espace des professeurs.

4. Les dynamiques d'autonomisation et de managérialisation évoluent en parallèle

Enfin, l'un des grands résultats de la thèse est peut-être ce qu'elle apporte à la discussion autour de la dynamique d'autonomisation ou d'hétéronomisation des disciplines et, plus largement, des cadres de la production du savoir. Les tenants de la théorie d'une rupture dans les modes de production de la connaissance (Gibbons et al. 1994, Etkowitz et Leydesdorff 1997, Clark 1998, Nowotny et al. 2001), les approches institutionnelles (Musselin 2005 et 2010, Enders 2004, Paradeise 2011, Paradeise et al. 2015, Benninghoff et al. 2017) et, dans une certaine mesure, les approches basées sur les figures des chercheurs (Gaudillière 2015, Owen-Smith & Powell 2004) abordent tous, bien que dans des termes différents, une logique d'intégration au sein des universités d'autant de normes exogènes que d'acteurs externes au champ, ayant pour conséquence une certaine managérialisation des systèmes institutionnels de l'enseignement supérieur, et donc une hétéronomisation des normes académiques. Nos résultats confirment que l'autonomie du champ académique est relative (Bourdieu 2001, Gingras & Gemme 2006), c'est-à-dire qu'elle dépend du type et du volume des capitaux détenus par les agents du champ et du degré de possibilité de convertir des ressources externes en capital spécifique. L'analyse des positions, des carrières et des réseaux des professeurs souligne une tendance historique à l'autonomisation du champ, mesurée par une diminution de la diversité des ressources convertibles en capital symbolique, un resserrement des critères d'évaluation de la production scientifique sur des critères autonomes, et une internationalisation qui participe non seulement à renforcer le capital scientifique, mais aussi à dévaloriser les expériences acquises localement comme, dans une certaine mesure, à relativiser l'importance du pouvoir temporel.

Nous avons pu montrer que, loin de s'opposer, les tendances à l'autonomisation et à la managérialisation peuvent coexister. La littérature souligne un indéniable mouvement de *commercialisation* de la recherche (Malissard et al. 2003, Shinn & Ragouet 2005), ainsi que de transformation de la gouvernance des universités et du système de l'enseignement supérieur vers l'intégration de normes et d'acteurs exogènes au champ scientifique (Musselin 2008 et 2009, Paradeise & Crow 2009). Nous avons pu développer un exemple empirique de ces transformations au travers du cas de l'EPFL et de son adoption du modèle de l'université entrepreneuriale (Clark 1998, Aebischer & Ricci 2006). Cet exemple a pu souligner que le développement d'une concurrence pour l'accès aux postes académiques basée avant tout sur des critères de performance scientifique allait de pair avec un mouvement institutionnel de formalisation et d'harmonisation des carrières et des

normes de recrutement (Enders & De Weert 2004, Enders 2005, Goastellec & Benninghoff 2011, Fumasoli et al. 2015). Cette concurrence amène aussi les chercheurs à devenir plus entrepreneurs (Bürgi 2011, Paradeise et al. 2015) et renforce la tendance au passage du modèle du scientifique industriel, faisant écho dans nos analyses aux professeurs fortement dotés en capital extra-académique convertible en poste stabilisé, au chercheur *entrepreneur*, davantage investi dans le développement de start-up et répondant aux critères de l'excellence scientifique basés sur l'importation de chercheurs « stars », par ailleurs souvent recrutés à l'international (Malissard et al. 2003, Owen-Smith & Powell 2004, Bürgi 2011, Gaudillière 2015).

D'un côté, on constate effectivement un mouvement d'autonomie croissante des institutions universitaires dans la gestion des carrières (Musselin 2005) et de renforcement des logiques proprement scientifiques dans la structuration de l'espace des professeurs, notamment face à l'expérience acquise lors des carrières extra-académiques. Cette harmonisation va de pair avec la fréquence croissante des carrières internationales, surtout en début de carrière, et la légitimité accrue accordée à ce type d'expérience (Fumasoli et al. 2015) qui renforce l'importance du capital international (Bühlmann et al. 2013). Cette tendance reste cependant très variable selon les disciplines, notamment en fonction de leur dimension plus ou moins « appliquée » et de leur degré d'ancrage local (Gingras 2002). De l'autre, on note une diminution des carrières dans le secteur privé mais une augmentation du nombre de professeurs membres de *spin-off* ou de conseils d'administration de firmes privées comme un indice de *commercialisation* des résultats de la recherche qui, bien que n'étant pas récente (Malissard 2000), se développe de manière importante dans la période récente. Il semble donc que l'intégration de logiques issues de la sphère économique au sein de l'académie participe autant à développer de nouvelles formes de lien avec celle-ci, qu'elle recentre les critères d'évaluation et de distinction du champ académique sur son pôle le plus *autonome*.

Ouverture

Après la présentation des quatre grandes dimensions résumant les principaux apports de cette thèse, nous proposons de conclure sur quelques éléments d'ouverture. Certaines limites de ce travail sont inhérentes à la démarche de recherche et en déterminent les frontières. D'autres invitent à un approfondissement et ouvrent des possibilités pour de futures recherches. Nous l'avons déjà évoqué, ce travail est circonscrit par son objet d'étude, les élites académiques de la biologie et de la chimie, ainsi que par le type de données exploitées et la méthodologie mobilisée. Ces aspects ayant été évoqués dans la partie consacrée à l'histoire de la thèse et la démarche de recherche, ainsi que dans le chapitre 2 présentant la stratégie de recherche, les données et les méthodes, nous proposons de développer quelques-unes des nombreuses pistes qui s'ouvrent et pourraient améliorer l'analyse des transformations des cadres de la production du savoir dans lesquels s'inscrivent les mouvements de différenciation, de rapprochement et de reconfigurations institutionnelles des disciplines. Nous en proposons cinq qui nous semblent importantes.

Premièrement, l'intégration de la question des *origines sociales* et du *genre* permettrait d'apporter une dimension supplémentaire à l'analyse des mécanismes de sélection et de reproduction de l'élite académique, en développant des indicateurs que nous n'avons pas inclus dans le présent travail, tels que : la profession des parents, la profession des partenaires, le nombre d'enfants, le statut matrimonial, et les généalogies familiales des professeurs comme celles des directions de thèse. Notre analyse de la hiérarchie des positions des professeurs considère la distribution des capitaux scientifique, institutionnel, international et extra-académique, qui sont tous des capitaux *acquis*, et il

serait très profitable d'introduire une dimension liée aux ressources *héritées*. La prise en compte de la distribution des capitaux économique et culturel permettrait de mieux lier l'espace des professeurs avec les dynamiques de distinction de l'espace social (Bourdieu 1979). En particulier, il serait intéressant de comprendre comment le principe de domination symbolique se répercute sur la domination scientifique de certaines disciplines. L'intégration d'indicateurs liés à la sphère privée et son articulation avec la sphère professionnelle permettrait aussi d'aborder plus spécifiquement les raisons des inégalités d'accès aux positions les plus prestigieuses de la hiérarchie académique pour les hommes et les femmes.

Deuxièmement, il serait très intéressant de développer des indicateurs plus nombreux et plus précis pour mesurer la forme et l'ampleur de la dynamique de *commercialisation* du savoir, et pouvoir étudier plus en profondeur les transformations des liens entre académie et secteur privé. Par exemple, intégrer systématiquement la détention de brevets d'invention, proposer un éventail plus large des moyens alloués pour la recherche (fonds privés ou partenariats public-privé), ou encore recenser les chaires professorales qui bénéficient de financements externes, donneraient un meilleur aperçu de la diversité des possibilités de valoriser les résultats de la recherche hors de la sphère académique. Nous pourrions aussi chercher à dépasser un cas centré sur les élites pour plonger plus profondément dans les transformations de la profession académique. Les biologistes et les chimistes étant nombreux à poursuivre des carrières hors du champ après l'obtention d'un doctorat « professionnel » (Musselin 2010, Gingras & Gemme 2006), ils sont un très bon cas pour étudier les liens entre les champs académique, scientifique et économique.

Troisièmement, nous pourrions poursuivre l'analyse de l'interdisciplinarité et du capital social des professeurs en incluant trois nouveaux aspects : une analyse des co-citations et des co-signatures d'articles scientifiques sur la base, par exemple, des données du *Web of Science*, la prise en compte dans la mesure des collaborations scientifiques des projets n'ayant pas été retenus et, en alliant analyses de réseaux et analyses de séquences, l'intégration d'une dimension biographique de la constitution des réseaux scientifiques personnels. Ces trois dimensions ont par ailleurs déjà fait l'objet de travaux préliminaires, et sont actuellement encore en phase d'élaboration²¹⁶. Par ailleurs, des analyses textuelles de type lexicométrique menées sur les résumés des projets ou des articles signés par les professeurs pourraient permettre de superposer au réseau des collaborations un réseau des proximités disciplinaires basé sur les associations sémantiques et la fréquence d'emploi de certaines notions-clés, dont l'analyse peut donner lieu à d'intéressants résultats, par exemple en termes de *topic modeling*.

Quatrièmement, l'introduction d'un volet plus qualitatif serait d'un véritable apport pour doubler nos résultats d'une dimension plus compréhensive des relations entre positions, prises de position et *habitus* disciplinaires (Bourdieu 1979 et 2001, Gingras 2012). Bien que nous exprimions un intérêt très marqué pour la réconciliation de l'analyse des structures et de celle des pratiques scientifiques, cette thèse n'a pas pu inclure de réel terrain pour investiguer ces dernières. La mobilisation de techniques traditionnellement reliées à l'ethnographie, notamment l'*observation*, l'*entretien*, mais aussi l'*enquête par questionnaire*, est incontournable pour rendre compte de la manière dont les agents se saisissent des enjeux des luttes de définitions propres au champ scientifique, et la manière donc ces agents *incorporent* et reproduisent les dispositions qui forment des *habitus* qu'il est essentiel de saisir pour comprendre dans quelle mesure les représentations, les valeurs et les styles de vie des professeurs influencent leurs pratiques (Bourdieu 1997a). En d'autres termes, une analyse sociologique des

²¹⁶ Nous pensons notamment à des recherches préliminaires entamées en collaboration avec d'autres chercheurs et collègues, notamment Thierry Rossier, Felix Bühlmann, André Mach et Martin Grandjean de l'Université de Lausanne, Pierre Mercklé de l'Université de Grenoble Alpes et Yann Renisio de l'Université d'Uppsala.

transformations du champ académique ne peut faire l'impasse sur la hiérarchie des *prises de position* de ses agents dominants, et leur homologie avec la hiérarchie des positions qu'ils occupent dans l'espace.

Finalement, ce travail pourrait bénéficier d'une dimension comparative un peu plus développée avec d'autres cas nationaux et d'autres disciplines. Une perspective de comparaison internationale serait tout à fait envisageable, bien qu'empiriquement très coûteuse, d'autant plus que l'étude des systèmes de l'enseignement supérieur fait l'objet d'une littérature particulièrement foisonnante (Musselin 2005, Kreckel and Zimmermann 2014). On pourrait aussi envisager de mener d'autres études similaires à celle-ci, pour poursuivre le programme de recherche de Bourdieu (Bourdieu & Wacquant 1992), afin de décrire et confronter les différents champs académiques nationaux, en évitant le piège d'ancrer l'histoire des disciplines dans des particularités locales difficilement comparables (Castonguay 2005a). De plus, comme nous avons relevé un important degré d'internationalisation des professeurs, il serait intéressant de comprendre dans quelle mesure les mobilités dans les trajectoires académiques s'insèrent dans les particularismes nationaux et participent à modifier les normes et les critères de sélection du recrutement des professeurs. Enfin, une comparaison avec d'autres disciplines telles que la physique et les sciences de la terre, avec lesquelles la chimie et la biologie entretiennent des liens, s'avèrerait d'un apport non négligeable. De même, il pourrait être intéressant d'analyser les liens entre l'affirmation des sciences économiques (Fourcade 2002, Rossier 2017) et le développement du modèle contemporain de valorisation de la recherche, pour intégrer le rôle de certains acteurs internes et externes au champ académique dans la diffusion de normes encourageant l'entrepreneuriat, l'innovation et la rentabilité économique du savoir, par le concours historique de la « croyance économique » (Lebaron 2000) pour la construction progressive de la rhétorique de la « nouvelle société de la connaissance » (Gibbons et al. 1994, Godin 2006, Bonneuil & Joly 2013, Bouchez 2014, Gaudillière 2015).

Bibliographie

- Abbott, A. (1988). *The system of professions: An essay on the division of labor*. Chicago : The University of Chicago Press.
- Abbott, A. (1995a). Things of Boundaries. *Social research*, 63(1), 857-882.
- Abbott, A. (1995b). Sequence Analysis : New Methods for Old Ideas, *Annual Review of Sociology*, 21, 93-113.
- Abbott, A. (2001a). *Chaos of disciplines*. Chicago : The University of Chicago Press.
- Abbott, A. (2001b). *Time Matters. On Theory and Method*. Chicago : The University of Chicago Press.
- Abbott, A. (2016). Le contexte des disciplines. In Demazière D. & Jouvenet, M. (Dir.). *Andrew Abbott et l'héritage de l'école de Chicago* (pp.193-236). Paris : Éditions de l'EHESS.
- Abbott, A., & Hrycak, A. (1990). Measuring resemblance in sequence data: An optimal matching analysis of musicians' careers. *American journal of sociology*, 96(1), 144-185.
- Aebischer, P. & Ricci, J. F. (2006). The Organizational Challenge for European Universities Facing Globalization. In Weber, L. and Duderstadt, J. (Eds.), *Universities and Business: Partnering for the Knowledge Society* (pp.183-193). Londres : Economica.
- Aggeri, F., Le Masson, P., Branciard, A., Paradeise, C., & Peerbaye, A. (2007). Les plates-formes technologiques dans les sciences de la vie. Politiques publiques, organisations et performances. *Revue d'économie industrielle*, 120, 21-40.
- Albert, M., & Kleinman, D. L. (2011). Bringing Pierre Bourdieu to science and technology studies. *Minerva*, 49(3), 263-273.
- Alvarez, E., & Parini, L. (2005). Engagement politique et genre: la part du sexe. *Nouvelles questions féministes*, 24(3), 106-121.
- Araujo, P., & Bühlmann, F. (2015). Swiss banking elites: between internationalization and national career patterns. *LIVES Working Papers*, (35), 1-32.
- Aron, R. (1965). Catégories dirigeantes ou classe dirigeante ?. *Revue française de science politique*, 15(1), 7-27.
- Aust, J. (2017). Gouverner les disciplines en disciplinant les instruments. Réformer les sciences du vivant et la médecine dans la France des années 1960. In Benninghoff, M., Crespy, C., Charlier, J. É., & Leresche, J.P. (Eds.), *Le gouvernement des disciplines académiques : acteurs, dynamiques, instruments, échelles* (pp.163-179). Paris : Editions des archives contemporaines.
- Aust, J., & Crespy, C. (2014). *La recherche en réformes : Les politiques de recherche entre Etat, marché et profession*. Paris : Editions des archives contemporaines.
- Barnes, J. A. (1954). Class and committees in a Norwegian island parish. *Human relations*, 7(1), 39-58.
- Barnes, J. A. (1972). *Social networks*. Reading, MA : Addison-Wesley Pub. Co.
- Barrier, J. (2011). La science en projets : financements sur projet, autonomie professionnelle et transformations du travail des chercheurs académiques. *Sociologie du travail*, 53(4), 515-536.
- Barrier, J. (2014). Partenaires particuliers : financements sur projet et travail relationnel dans les réseaux de collaboration science-industrie. *Genèses*, 1(94), 55-80.

- Baudet, J. (2004). *Penser la matière : une histoire des chimistes et de la chimie*. Paris : Vuibert.
- Baudet, J. (2017). *Histoire de la chimie*. Louvain-la-Neuve, Paris : De Boeck Supérieur.
- Beaudouin, V. (2016). Retour aux origines de la statistique textuelle : Benzécri et l'école française d'analyse des données (pp. 17-27). *JADT 2016*, Nice.
- Beauguitte, L. (2012). Analyser les réseaux avec R (packages statnet, igraph et tnet).
- Beauguitte, L. (2016). L'analyse de réseaux en sciences sociales et en histoire: Vocabulaire, principes et limites. *Le réseau. Usages d'une notion polysémique en sciences humaines et sociales* (pp.9-24). Presses Universitaires de Louvain.
- Becker, H. S. (1985). *Outsiders : études de sociologie de la déviance*. Paris : Editions Métailié.
- Bell, D. (1973). *The Coming of Post-Industrial Society*. New York : Basic.
- Benninghoff, M., & Leresche, J. P. (2003). *La recherche, affaire d'État : enjeux et luttes d'une politique fédérale des sciences* (Vol. 10). Lausanne : PPUR.
- Benninghoff, M., Goastellec, G. (2009). Le programme "Professeurs Boursiers FNS": un modèle élitiste de l'excellence pour les carrières académiques?. *Bulletin de la Société Suisse de Sociologie*, 136, 20-22.
- Benninghoff, M. & Braun, D. (2010). Research Funding, Authority Relations, and Scientific Production in Switzerland. In R. Whitley R., Gläser J. and Engwall L. (Eds.), *Reconfiguring Knowledge Production* (pp.81-109). Oxford : Oxford university Press.
- Benninghoff, M., Ramuz, R., & Lutz, A. (2014). *La recherche biomédicale en Suisse : espace social, discours et pratiques*. Conseil suisse de la science et de l'innovation CSSI.
- Benninghoff, M., Crespy, C., Charlier, J. É., & Leresche, J. P. (2017). *Le gouvernement des disciplines académiques : acteurs, dynamiques, instruments, échelles*. Paris : Editions des archives contemporaines.
- Bensaude-Vincent, B., & Stengers, I. (1993). *Histoire de la chimie*. Paris : La Découverte.
- Bensaude-Vincent, B. (2010). Splendeur et décadence de la vulgarisation scientifique. *Questions de communication*, 1(17), 19-32
- Benzécri, J. P. (1982). Histoire et préhistoire de l'analyse des données. Paris : Dunod.
- Berge, C. (1958). La théorie des graphes et ses applications. Paris : Dunod.
- Berry, W. D., DeMeritt, J. H., & Esarey, J. (2010). Testing for interaction in binary logit and probit models: is a product term essential?. *American Journal of Political Science*, 54(1), 248-266.
- Berry, W. D., Golder, M., & Milton, D. (2012). Improving tests of theories positing interaction. *The Journal of Politics*, 74(3), 653-671.
- Bidart, C., Degenne, A., & Grossetti, M. (2011). *La vie en réseau: dynamique des relations sociales*. Paris : Presses universitaires de France.
- Blanchard, P., Bühlmann, F., Gauthier, J.-A. (2014). *Advances in Sequence Analysis: Theory, Methods, Applications*. New York : Springer.
- Bonacich, P. (1972). Factoring and weighting approaches to status scores and clique identification. *Journal of mathematical sociology*, 2(1), 113-120.

- Boner, G. (1943). *Die Universität Basel in den Jahren 1914-1939*. Bâle : Buchdruckerei Friedrich Reinhart.
- Bonjour, E. (1960). *Die Universität Basel von den Anfängen bis zur Gegenwart 1460-1960*. Bâle : Helbing & Lichtenhan.
- Bonneuil, C., & Joly, P. B. (2013). *Sciences, techniques et société*. Paris : La Découverte.
- Bonneuil, C. (2015). « Le siècle du gène ». In C. Bonneuil & D. Pestre (Dir.). *Histoire des sciences et des savoirs. Tome 3, Le siècle des technosciences (depuis 1914)* (pp.297-313). Paris : Le Seuil.
- Borgatti, S. P., & Everett, M. G. (1997). Network analysis of 2-mode data. *Social networks*, 19(3), 243-269.
- Borgatti, S. P., Jones, C., & Everett, M. G. (1998). Network measures of social capital. *Connections*, 21(2), 27-36.
- Bottero, W., & Crossley, N. (2011). Worlds, fields and networks: Becker, Bourdieu and the structures of social relations. *Cultural sociology*, 5(1), 99-119.
- Bouchez, J. P. (2014). Autour de « l'économie du savoir » : ses composantes, ses dynamiques et ses enjeux. *Savoirs*, (1), 9-45.
- Bourdieu, P. (1976). Le champ scientifique. *Actes de la recherche en sciences sociales*, 2(2), 88-104.
- Bourdieu, P. (1979). *La distinction. Critique sociale du jugement*. Paris : Editions de Minuit.
- Bourdieu, P. (1980a). *Le sens pratique*. Paris : Editions de Minuit.
- Bourdieu, P. (1980b). Le capital social. *Actes de la recherche en sciences sociales*, 31(1), 2-3.
- Bourdieu, P. (1984a). *Homo Academicus*. Paris : Editions de Minuit.
- Bourdieu, P. (1984b). *Questions de sociologie*. Paris : Editions de Minuit.
- Bourdieu, P. (1984c). Espace social et genèse des classes. *Actes de la recherche en sciences sociales*, 52(1), 3-14.
- Bourdieu, P. (1986). The forms of capital. In Richardson J. G (Ed.), *Handbook of Theory and Research for the Sociology of Education* (pp.241-258). New York : Greenwood.
- Bourdieu, P. (1989). *La noblesse d'État : Grands corps et grandes écoles*. Paris : Editions de Minuit.
- Bourdieu, P. (1994). *Raisons pratiques*. Paris : Le Seuil.
- Bourdieu, P. (1997a). *Méditations pascaliennes*. Paris : Le Seuil.
- Bourdieu, P. (1997b). *Les usages sociaux de la science: pour une sociologie clinique du champ scientifique*. Paris : Quae.
- Bourdieu, P. (2001). *Science de la science et réflexivité*. Paris : Raisons d'Agir.
- Bourdieu, P., & Wacquant, L. (1992). *Réponses. Pour une anthropologie réflexive*. Paris : Le Seuil.
- Boure, R. (2005). Réflexions autour de l'institutionnalisation des disciplines. Sciences de l'information et de la communication versus économie ?. *Communication. Information médias théories pratiques*, 24(1), 9-37.

- Braumoeller, B. F. (2004). Hypothesis testing and multiplicative interaction terms. *International organization*, 58(4), 807-820.
- Brechelmacher, A., Park, E., Ates, G., & Campbell, D. F. (2015). The Rocky Road to Tenure—Career Paths in Academia. In In Fumasoli, T., Goastellec, G., & Kehm, B. M. (Eds.), *Academic Work and Careers in Europe: Trends, Challenges, Perspectives* (pp. 13-40). New York : Springer International Publishing.
- Breiding, R. J. (2013). *Swiss made: the untold story behind Switzerland's success*. Londres : Profile Books Ltd.
- Brzinsky-Fay, C., & Solga, H. (2016). Compressed, postponed, or disadvantaged? School-to-work-transition patterns and early occupational attainment in West Germany. *Research in Social Stratification and Mobility*, 46, 21-36.
- Bry, X., Robette, N., & Roueff, O. (2015). A dialogue of the deaf in the statistical theater? Addressing structural effects within a geometric data analysis framework. *Quality and Quantity*, 50(3), 1009-1020.
- Bühlmann, F. (2008). The Corrosion of Career? Occupational Trajectories of Business Economists and Engineers in Switzerland. *European Sociological Review*, 24(5), 601-616.
- Bühlmann, F., David, T., & Mach, A. (2012). « Academic Elites in Switzerland 1910-2000 : between Autonomy and Power », requête pour le FNS.
- Bühlmann, F., David, T., & Mach, A. (2013). Cosmopolitan capital and the internationalization of the field of business elites: Evidence from the Swiss case. *Cultural Sociology*, 7(2), 211-229.
- Bühlmann, F., Beetschen, M., David, T., Ginalski, S. & Mach, A. (2015). Transformation des élites en Suisse. *Social Change in Switzerland*, (1), 9-10.
- Bühlmann, F., Benz, P., Mach, A., & Rossier, T. (2017). Mapping the power of law professors: The role of scientific and social capital. *Minerva*, 55(4), 509-531.
- Bühlmann, F., Rossier, T., & Benz, P. (2017). The Elite Placement Power of Professors of Law and Economic Sciences. In Korsnes, O. Hjelldrekk, J., Savage, M., Heilbron, J. & Bühlmann, F. (Eds.), *New Directions in Elite Studies*. London : Routledge (Taylor & Francis).
- Burawoy, M. (2012). Intellectuals and their publics: Bourdieu meets Mills. In Burawoy, M. & Von Holdt K. (Eds.), *Conversations with Bourdieu. The Johannesburg Moment* (pp. 9-24). Johannesburg : Witz University Press.
- Bürgi, M. (2005). Pharma, Politik und Polypeptide. Die Institutionalisierung der MolekularBiologie In Zürich 1962–1971. *Traverse*, (12), 126 -139.
- Bürgi, M. (2011). *Pharmaforschung im 20. Jahrhundert. Arbeit an der Grenze zwischen Hochschule und Industrie*. Zurich : Chronos Verlag.
- Bürgi, M., Strasser, B. J. (2010) Pharma in Transition: New Approaches to Drug Development at F. Hoffmann-La Roche & Co, 1960–1980. In Quirke, V. M., & Slinn J. (Eds.), *Perspectives on 20th-Century Pharmaceuticals* (pp.391-432). Oxford : Peter Lang.
- Burt, R. S. (2000). The network structure of social capital. *Research in organizational behavior*, 22, 345-423.
- Burt, R. S. (2002). *Structural holes: the social structure of competition*. Harvard : Harvard University Press.

- Burt, R. S. (2005). *Brokerage and closure: An introduction to social capital*. Oxford: Oxford university press.
- Busset, T., Rosenbusch, A. & Simon, C. (1997). *Chimie in der Schweiz : Geschichte der Forschung und der Industrie*. Basel : Christoph Merian Verlag.
- Casini, A., & Sanchez-Mazas, M. (2005). «Ce poste n'est pas fait pour moi!»: l'impact de la norme de genre et de la culture organisationnelle sur la mobilité professionnelle ascendante. *Les cahiers internationaux de psychologie sociale*, (3), 101-112.
- Castonguay, S. (2004). *Protection des cultures, construction de la nature: agriculture, foresterie et entomologie au Canada, 1884-1959* (Vol. 7). Les éditions du Septentrion.
- Castonguay, S. (2005a). La dynamique du changement scientifique en contexte d'application: la fondamentalisation de l'entomologie économique aux États-Unis au 20e siècle. Note de recherche, Centre interuniversitaire de recherche sur la science et la technologie, Université du Québec à Montréal, Bibliothèque nationale du Québec.
- Castonguay, S. (2005b). Sortir l'histoire des sciences et des techniques de leur contexte national: limites et défis du comparatisme. *Scientia Canadensis: Revue canadienne d'histoire des sciences, des techniques et de la médecine*, 28, 39-50.
- Chandler, A. D. Jr. (2005). *Shaping the Industrial Century. The Remarkable Story of the Evolution on the Modern Chemical and Pharmaceutical Industries*. Cambridge, Massachusetts and London, England: Harvard University Press.
- Chen, S., Arsenault, C., Gingras, Y., & Larivière, V. (2015). Exploring the interdisciplinary evolution of a discipline: the case of Biochemistry and Molecular Biology. *Scientometrics*, 102(2), 1307-1323.
- Chesnais, F. (1981). Biotechnologie et modifications des structures de l'industrie chimique : quelques points de repère. *Revue d'économie industrielle*, 18(1), 218-230.
- Clark, B. R. (1998). *Creating entrepreneurial universities: Organizational pathways of transformation*. Oxford : Published for the IAU Press by Pergamon Press.
- Clark, B. R. (2001). The entrepreneurial university: New foundations for collegiality, autonomy, and achievement. *Higher Education Management*, 13(2), 9-24.
- Coenen-Huther, J. (2004). *Sociologie des élites*. Paris : Armand Colin.
- Coleman, J. S. (1988). Social capital in the creation of human capital. *American journal of sociology*, 94, 95-120.
- Cosandey, M. (Dir). (1999). *Histoire de l'Ecole Polytechnique Lausanne : 1953-1978*. Lausanne : PPUR.
- Csardi, G., & Nepusz, T. (2006). The igraph software package for complex network research. *InterJournal, Complex Systems*, 1695(5), 1-9.
- Dahl, R. A. (1958) A critique of the ruling elite model. *American Political Science Review*, 52(2), 463-469.
- Dahl, R. A. (2005 [1961]). *Who governs?: Democracy and power in an American city*. New Haven : Yale University Press.

- Darbellay, F. (2015). La recherche interdisciplinaire : disparition ou métamorphose des disciplines?. In Gorga, A., & Leresche, J. P. (Eds.), *Disciplines académiques en transformation: Entre innovation et résistance* (pp.135-148). Paris : Editions des archives contemporaines.
- David, T., Mach, A. (2003). « Les réglementations du gouvernement des entreprises en Suisse: origine, évolution et changements récents du comportement des entreprises », requête pour le FNS.
- David, T., Davoine, E., Ginalski, S., & Mach, A. (2012). Elites nationales ou globalisées ? Les dirigeants des grandes entreprises suisses entre standardisation et spécificités helvétiques (1980–2000). *Swiss Journal of Sociology*, 38(1), 57-76.
- Degen, B. (2003). Ciba. Notice du Dictionnaire historique de la Suisse (DHS).
- Degen, B. (2006). Geigy, Notice du Dictionnaire historique de la Suisse (DHS).
- De Nooy, W. (2003). Fields and networks : correspondence analysis and social network in the framework of field theory. *Poetics*, (31), 305-327.
- De Nooy, W., Mrvar, A., & Batagelj, V. (2005). Exploratory network analysis using Pajek. Cambridge : Cambridge University Press.
- Denord, F., Lagneau-Ymonet, P. & Thine, Sylvain (2011). Le champ du pouvoir en France, *Actes de la recherche en sciences sociales*, 190(5), 24-57.
- Denord, F., Hjellbrekke, J., Korsnes, O., Lebaron, F., & Le Roux, B. (2011). Social capital in the field of power: the case of Norway. *The sociological review*, 59(1), 86-108.
- Denord, F. (2015). Géométrie des réseaux sociaux. In Lebaron, F. & Le Roux, B. (Dir.), *La méthodologie de Pierre Bourdieu en action. Espace culturel, espace social et analyse des données* (pp.59-78). Paris : Dunod.
- Denord, F., Lagneau-Ymonet, P., & Thine, S. (2018). Primus inter pares? The French field of power and its power elite. *Socio-Economic Review*, 16(2), 277-306.
- Dlouhy, K., Biemann, T. (2015). Optimal matching analysis in career research : A review and some best-practice recommendations. *Journal of Vocational Behaviour*, 90, 163-173.
- Donzé, P. Y. (2013). Patents as a source for the history of medicine: the example of the Japanese medical instrument industry, 1885-1937. *Journal of the Japanese Society for the History of Medicine*, 59(4), 503-515.
- Donzé, P. Y. (2018). Transfert de technologies et de connaissances. notice du Dictionnaire historique de la Suisse (DHS).
- Donzé, P. Y., & Fernández Pérez, P. (2019). Health Industries in the Twentieth Century. *Business History*, 61(3), 385-403.
- Drucker, P. (2017 [1969]). The age of discontinuity: Guidelines to our changing society. New York : Routledge.
- Dudouet, F.-X. (2018). L'élite et le pouvoir. Contribution à une sociologie des concepts sociologiques. Dossier pour l'habilitation à diriger des recherches en sociologie. Volume 3. Présentée le 4 mai 2018.
- Duval, J. (2013). L'analyse des correspondances et la construction des champs. *Actes de la recherche en sciences sociales*, 200(5), 110-123.

- Duval, J. (2017). Analyse des correspondances multiples/Correspondence Multiple Analysis. In Encyclopédie en ligne Politika, version française/english version.
- Ecklund, E. H., Lincoln, A. E., & Tansey, C. (2012). Gender segregation in elite academic science. *Gender & Society*, 26(5), 693-717.
- Eloire, F. (2014). Qui se ressemble s'assemble?. Actes de la recherche en sciences sociales, 205(5), 104-119
- Eloire, F. (2018). The Bourdieusian conception of social capital: a methodological reflection and application. *Forum for Social Economics*, 47(3-4), 322-341.
- Eloire, F., Icher, É. P., & Lazega, E. (2011). Application de l'analyse des réseaux complets à l'échelle interorganisationnelle. *Terrains travaux*, (2), 77-98.
- Elzinga, C. H. (2014). Distance, Similarity and Sequence Comparison. In Blanchard, P., Bühlmann, F. & Gauthier, J.-A. (Eds.), *Advances in Sequence Analysis: Theory, Method, Applications* (pp. 51-73). New York : Springer International Publishing.
- Elzinga, C. H., & Liefbroer, A. C. (2007). De-standardization of family-life trajectories of young adults: A cross-national comparison using sequence analysis. *European Journal of Population/Revue européenne de Démographie*, 23(3-4), 225-250.
- Enders, J. (2004). Higher education, internationalization, and the nation-state: Recent developments and challenges to governance theory. *Higher education*, 47(3), 361-382.
- Enders, J. (2005). Border crossings: Research training, knowledge dissemination and the transformation of academic work. *Higher Education*, 49(1), 119-133.
- Enders, J., & De Weert, E. (2004). Science, training and career: Changing modes of knowledge production and labour markets. *Higher Education Policy*, 17(2), 135-152.
- Etzkowitz, H., Leydesdorff, L. (1997). *Universities and the Global Knowledge Economy: A Triple Helix of University-Industry-Government Relations*. Londres : Pinter.
- Etzkowitz, H., Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation : from National Systems and « Mode 2 » to a Triple Helix of university-industry-government relations. *Research Policy*, (29), 109-123.
- Everett, M. G., & Borgatti, S. P. (2013). The dual-projection approach for two-mode networks. *Social Networks*, 35(2), 204-210.
- Fabiani, J. L. (2012). Du chaos des disciplines à la fin de l'ordre disciplinaire?. *Pratiques. Linguistique, littérature, didactique*, (153-154), 129-140.
- Fabiani, J. L. (2016). La question disciplinaire. In Demazière & D., Jouvenet, M. (Dir.), *Andrew Abbott et l'héritage de l'école de Chicago* (Vol. 2). Paris : Éditions de l'EHESS.
- Feibleman, J. K. (1961). Pure science, applied science, technology, engineering: an attempt at definitions. *Technology and Culture*, 2(4), 305-317.
- Fitzmaurice, G. M., Laird, N. M., & Ware, J. H. (2004). Review of generalized linear models. *Applied longitudinal analysis*. Hoboken, NJ: Wiley-Interscience, John Wiley & Sons, 257-290.
- Fleury, A. & Joye, F. (2003). *Les débuts de la politique de la recherche en Suisse. Histoire de la création du Fonds national suisse de la recherche scientifique 1934-1952*. Genève : Droz.

- Foray, D. (2010). *L'économie de la connaissance*. Paris : La Découverte.
- Fourcade-Gourinchas, M. (2002). Les économistes et leurs discours: traditions nationales et science universelle. *Sciences de la société*, (55), 22-39.
- Fox, J., & Monette, G. (1992). Generalized collinearity diagnostics. *Journal of the American Statistical Association*, 87(417), 178-183.
- Fox, J. (2008). *Applied regression analysis and generalized linear models*. Londres : Sage Publications.
- Freeman, L. C. (1979). Centrality in social networks conceptual clarification. *Social networks*, 1(3), 215-239.
- Freeman, L. C., Roeder, D., & Mulholland, R. R. (1979). Centrality in social networks: II. Experimental results. *Social networks*, 2(2), 119-141.
- Frei, J. & Brechbühler, T. (date inconnue). *Histoire de la société suisse de chimie clinique (1956-1991)*. Société suisse de chimie clinique.
- Frei, A. (2015). Biographie d'un réseau. SystemsX et la recherche en sciences naturelles au XXIe siècle. In Kupper, P. & Schär, B. C. (Eds.), *Les naturalistes : à la découverte de la Suisse et du monde, 1800-2015* (pp.257-278). Baden : Hier und Jetzt.
- Fruchterman, T. M., & Reingold, E. M. (1991). Graph drawing by force-directed placement. *Software: Practice and experience*, 21(11), 1129-1164.
- Fumasoli, T., & Goastellec, G. (2015a). Global models, disciplinary and local patterns in academic recruitment processes. In Fumasoli, T., Goastellec, G., & Kehm, B. M. (Eds.), *Academic Work and Careers in Europe: Trends, Challenges, Perspectives* (pp. 69-93). New York : Springer International Publishing.
- Fumasoli, T., & Goastellec, G. (2015b). Recruitment of Academics in Switzerland: e pluribus unum?. In *Forming, Recruiting and Managing the Academic Profession* (pp. 145-161). New York : Springer International Publishing.
- Fumasoli, T., Goastellec, G., & Kehm, B. M. (2015). Academic Work and Careers in Europe: Trends, Challenges, Perspectives. In Fumasoli, T., Goastellec, G., & Kehm, B. M. (Eds.), *Academic Work and Careers in Europe: Trends, Challenges, Perspectives* (pp. 201-214). New York : Springer International Publishing.
- Gabadinho, A., Ritschard, G. and Studer, M. (2011). Analyzing and Visualizing State Sequences in R with TraMineR. *Journal of Statistical Software*, 40(4): 1-37
- Gagliardi, E., Nabholz, H. & Strohl, J. (1938). *Die Universität Zürich 1833-1933 und ihre Vorläufer : Festschrift zur Jahrhundertfeier*. Zürich : Verlag der Erziehungsdirektion.
- Gaudillière, J. P. (1990). Chimie biologique ou biologie moléculaire ? La biochimie au CNRS dans les années soixantes. *Cahiers pour l'Histoire du CNRS*, (7), 91-147.
- Gaudillière, J. P. (1991). Biologie moléculaire et biologistes dans les années soixante: la naissance d'une discipline, le cas français. *Hist. Biol.*, 26, 473-498.
- Gaudillière, J. P. (2015). Une manière industrielle de savoir : comment l'invention de médicament est devenue une pratique d'entreprise. In C. Bonneuil & D. Pestre (Dir.), *Histoire des sciences et des savoirs. Tome 3, Le siècle des technosciences (depuis 1914)* (pp.85-103). Paris : Le Seuil.

- Gautier, J., Rossier, T. (2019). Rifles, Suits, and Blackboards: Coordination and Capital Oppositions in the Implementation of Macroeconomic Policies under the Pinochet Regime (1973-1990). *Global Networks* (under review).
- Gerth, H., Mills, C. Wright (1953). *Character and Social Structure*. New York: Harcourt Brace Jovanovich.
- Gibbons, M., & Johnston, R. (1974). The roles of science in technological innovation. *Research Policy*, 3(3), 220-242.
- Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwartzman, S., Scott, P., & Trow, M. (1994). *The new production of knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies*. London : Sage Publications.
- Gieryn, T. F. (1983). Boundary-work and the demarcation of science from non-science: Strains and interests in professional ideologies of scientists. *American sociological review*, 48, 781-795.
- Ginalski, S. (2016). Les femmes à la tête des grandes entreprises suisses: une analyse historique des inégalités de genre. *Social Change in Switzerland*, (7).
- Gingras, Y. (1991). L'institutionnalisation de la recherche en milieu universitaire et ses effets. *Sociologie et sociétés*, 23(1), 41-54.
- Gingras, Y. (1995). Un air de radicalisme: sur quelques tendances récentes en sociologie de la science et de la technologie. *Actes de la recherche en sciences sociales*, (108), 3-17.
- Gingras, Y. (2000). Pourquoi le «programme fort» est-il incompris?. *Cahiers internationaux de sociologie*, 235-255.
- Gingras, Y. (2002). Les formes spécifiques de l'internationalité du champ scientifique. *Actes de la recherche en sciences sociales*, (1), 31-45.
- Gingras, Y. (2003). Mathématisation et exclusion : socio-analyse de la formation des cités savantes. *Gaston Bachelard et l'épistémologie française*. Paris : PUF.
- Gingras, Y. (2012). Le champ scientifique. In Lebaron, F. & Mauger, G. (Dir.), *Lectures de Bourdieu* (pp.279-294). Paris : Ellipses.
- Gingras, Y. (2013). *Sociologie des sciences*. Paris : PUF.
- Gingras, Y. (2014). *Les dérives de l'évaluation de la recherche : du bon usage de la bibliométrie*. Paris : Raisons d'agir.
- Gingras, Y. (2018). *Histoire des sciences*. Paris : PUF.
- Gingras, Y., & Gemme, B. (2006). L'emprise du champ scientifique sur le champ universitaire et ses effets. *Actes de la recherche en sciences sociales*, (4), 51-60.
- Goastellec, G., & Benninghoff, M. (2011). Formaliser les règles, harmoniser les procédures et accroître la compétitivité. Une professionnalisation des carrières académiques helvétiques ?. *Cahiers de la recherche sur l'éducation et les savoirs*, (Hors-série n° 3), 129-147.
- Goastellec, G., Park, E., Ates, G., & Toffel, K. (2013). Academic Markets, Academic Careers: Where Do We Stand?. In B. Kehm & U. Teichler (Eds.), *The Academic Profession in Europe: New Tasks and New Challenges* (pp. 93-120). Dordrecht: Springer.

- Goastellec, G. & Pekari, N. (2013). The internationalisation of academic markets, careers and professions. In Teichler, U., & Höhle, E. A. (Eds.), *The work situation of the academic profession in Europe: Findings of a survey in twelve countries* (pp. 229-248). Dordrecht : Springer.
- Godechot, O. (2010). Interpréter les réseaux sociaux. In Paugam, Serge (Dir.), *L'enquête sociologique* (pp.333-355). Paris : PUF.
- Godin, B. (2006). The knowledge-based economy: conceptual framework or buzzword?. *The Journal of technology transfer*, 31(1), 17-30.
- Gorga, A., & Leresche, J. P. (2015). *Disciplines académiques en transformation: entre innovation et résistance*. Paris : Editions des archives contemporaines
- Graf, A. (2015). *Die Wissenschaftselite Deutschlands: Sozialprofil und Werdegänge zwischen 1945 und 2013*. Frankfurt: Campus Verlag.
- Grannovetter, M. (1983). The strength of weak ties: A network theory revisited. *Sociological Theory*, 1(1), 201-33.
- Granovetter, M. (2008). *Sociologie économique*. Paris : Le Seuil.
- Grenfell, M., & Lebaron, F. (2014). *Bourdieu and data analysis: Methodological principles and practice*. Berne : Peter Lang AG.
- Gros, F. (1993). *Regard sur la biologie contemporaine*. Paris : Gallimard.
- Gros, F. (2003). *Mémoires scientifiques: un demi-siècle de biologie*. Paris : Odile Jacob.
- Gros, J. (2017). Quantifier en ethnographe. Sur les enjeux d'une émancipation de la représentativité statistique. *Genèses*, (3), 129-147.
- Guay, J. H. (2013). *Statistiques en sciences sociales avec R*. Presses de l'Université Laval, Paris, Bruxelles: De Boeck Supérieur.
- Gugerli, D., Kupper, P., Speich, D. (2010). *Die Zukunfts Machine. Konjunkturen der ETH Zürich*. Zurich : Chronos Verlag.
- Güggenbühl, G. (1955). *Geschichte der Eidgenössische Technische Hochschule : 1855-1955*. Zürich : NZZ.
- Haller, L. (2015). Des déchets des abattoirs au laboratoire, Tadeus Reichstein et l'avènement de la chimie des substances naturelles. In Kupper, P. & Schär, B. C. (Eds.), *Les naturalistes : à la découverte de la Suisse et du monde, 1800-2015* (pp.193-209). Baden : Hier und Jetzt.
- Hartmann, M. (2016). *Die globale Wirtschaftselite: Eine Legende*. Frankfurt am Main : Campus Verlag.
- Healy, K. (2018). *Data visualization: a practical introduction*. Princeton and Oxford : Princeton University Press.
- Heilbron, J., & Gingras, Y. (2015). La résilience des disciplines. *Actes de la recherche en sciences sociales*, (5), 4-9.
- Heinich, N. (2004). Retour sur la notion d'élite. *Cahiers internationaux de sociologie*, (2), 313-326.
- Hjellbrekke, J. (2018). *Multiple Correspondence Analysis for the Social Sciences*. Londres : Routledge.
- Hjellbrekke, J., & Korsnes, O. (2016). Women in the Field of Power. *Sociologica*, 10(2).

- Hicklin, M. (2016). Das Institut für Immunologie, das Friedrich-Miescher-Institut und das Biozentrum. Morgenrot der Life-Sciences. In Kreis G. & Beat von Wartburg (Hg.) *Chemie und Pharma in Basel 1. Mario König. Besichtigung einer Weltindustrie – 1859-2016* (pp.112-117). Basel : Christoph Merian Verlag.
- Hopkins, M. M., Martin, P. A., Nightingale, P., Kraft, A., & Mahdi, S. (2007). The myth of the biotech revolution: An assessment of technological, clinical and organisational change. *Research policy*, 36(4), 566-589.
- Hosmer Jr, D. W., Lemeshow, S., & Sturdivant, R. X. (2013). *Applied logistic regression (Vol. 398)*. Hoboken : John Wiley & Sons.
- Hufbauer, K. (1982). *The formation of the German chemical community, 1720-1795*. Berkeley, Los Angeles, London: University of California Press.
- Hughes, E. C. (1937). Institutional office and the person. *American journal of sociology*, 43(3), 404-413.
- Husson, F., Le, S. and Pages, J. (2010). *Exploratory Multivariate Analysis by Example Using R*. Boca Raton : CRC Press Book.
- Lebart, L., Morineau, A. and Piron, M. (1995) *Statistique exploratoire multidimensionnelle*. Paris : Dunod.
- Jacobs, J. A., & Frickel, S. (2009). Interdisciplinarity: A critical assessment. *Annual review of Sociology*, 35, 43-65.
- Jacomy, M., Venturini, T., Heymann, S., & Bastian, M. (2014). ForceAtlas2, a continuous graph layout algorithm for handy network visualization designed for the Gephi software. *PLoS one*, 9(6), e98679.
- Jeanneret, A.-F., Fasano, R., Scheurer, R. et al. (1994). *Histoire de l'Université de Neuchâtel. Tome 2. La seconde Académie. 1866-1909*, Neuchâtel : Université de Neuchâtel ; Hauterive : G. Attinger, 624p.
- Joye-Cagnard, F. (2010). *La construction de la politique de la science en Suisse. Enjeux scientifiques, stratégiques et politiques (1944-1974)*. Neuchâtel : Alphil.
- Kalvoda, J. (2001). Es begann vor 100 Jahren. Kurzfassung der Geschichte der Schweizerischen Chemischen Gesellschaft. *Chimia*, (55), 1070-1073.
- Khan, S. (2012). The sociology of elites. *Annual Review of Sociology*, 38, 361-377.
- Kaulisch, M., & Enders, J. (2005). Careers in overlapping institutional contexts: The case of academe. *Career Development International*, 10(2), 130-144.
- Keller, S. (1963). *Beyond the Ruling Class. Strategic Elites in Modern Society*. New York : RandomHouse.
- Kiener, M. (2005). *Dictionnaire des professeurs de l'Académie de Lausanne (1537-1890)*, Lausanne : Université de Lausanne, 692p.
- Klein, J. T. (2010). A taxonomy of interdisciplinarity. In R. Frodeman, J. T. Klein, & C. Mitcham (Eds.), *The Oxford handbook of interdisciplinarity* (pp.15-30). Oxford : Oxford University Press.
- Kuhn, T. S. (1962). *The structure of scientific revolutions*. Chicago : The University of Chicago Press.
- Hafner, U. (2011). Réaliser le rêve ancien de l'alchimie. *Horizons*, 89, 10-12.
- Hughes, E. C. (1937). Institutional office and the person. *American journal of sociology*, 43(3), 404-413.

- Kreckel, R., & Zimmermann, K. (2014). *Hasard oder Laufbahn. Akademische Karrierestrukturen im internationalen Vergleich*. Leipzig : Akademische Verlagsanstalt.
- Kreis, G. (1986). *Die Universität Basel 1960-1985*. Bâle ; Francfort sur le Main : Helbing & Lichtenhahn, 370p.
- Kupper, P. & Schär, B. C. (2015). *Les naturalistes : à la découverte de la Suisse et du monde, 1800-2015*. Baden: Hier und Jetzt.
- Lahire, B. (1998). *L'homme pluriel : les ressorts de l'action*. Paris : Nathan.
- Lahire, B. (1999). *Le travail sociologique de Pierre Bourdieu. Dettes et critiques*. Paris : La Découverte.
- Lahire, B. (2002). *Portraits sociologiques: dispositions et variations individuelles*. Paris : Nathan.
- Lamont, M., & Molnár, V. (2002). The study of boundaries in the social sciences. *Annual review of sociology*, 28(1), 167-195.
- Lamy, E., Shinn, T. (2006). L'autonomie scientifique face à la mercantilisation. *Actes de la recherche en sciences sociales*, (4), 23-50.
- Larivière, V., & Gingras, Y. (2010). On the relationship between interdisciplinarity and scientific impact. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 61(1), 126-131.
- Larivière, V., Macaluso, B., Archambault, É., & Gingras, Y. (2010). Which scientific elites? On the concentration of research funds, publications and citations. *Research Evaluation*, 19(1), 45-53.
- Larivière, V., & Gingras, Y. (2014). Measuring Interdisciplinarity. In B. Cronin & C. Sugimoto (Eds.), *Beyond bibliometrics: Harnessing multidimensional indicators of scholarly impact* (pp.187-200). Cambridge MA : MIT Press.
- Latour, B., & Woolgar, S. (1979). *Laboratory life: The construction of scientific facts*. Princeton : Princeton University Press.
- Latour, B. (1987). *Science in action: How to follow scientists and engineers through society*. Harvard : Harvard university press.
- Latour, B. (1993). Portrait d'un biologiste en capitaliste sauvage. In *Petites leçons de sociologie des sciences* (pp.100-129). Paris : Le Seuil.
- Laufer, J. (2004). Femmes et carrières: la question du plafond de verre. *Revue française de gestion*, 30(151), 117-127.
- Lazega, E., Mounier, L., Jourda, M. T. S., & Stofer, R. (2006). Organizational vs. personal social capital in scientists' performance: A multi-level network study of elite French cancer researchers (1996-1998). *Scientometrics*, 67(1), 27-44.
- Lebaron, F. (2000). *La croyance économique: les économistes entre science et politique*. Paris : Le Seuil.
- Lebaron, F. (2001). Economists and the economic order: The field of economists and the field of power in France. *European Societies*, 3(1), 91-110.
- Lebaron, F. (2015). L'espace social. Statistique et analyse géométrique des données dans l'œuvre de Pierre Bourdieu. In Lebaron, F. & Le Roux, B. (Dir.), *La méthodologie de Pierre Bourdieu en action. Espace culturel, espace social et analyse des données* (pp.43-58). Paris : Dunod.

- Lebaron, F., Le Roux, B. (2013). Géométrie du champ. *Actes de la recherche en sciences sociales*. (200), 106-109.
- Lebaron, F., Le Roux, B. (2015). Idées-clés de l'analyse géométrique des données. In Lebaron, F. & Le Roux, B. (Dir.), *La méthodologie de Pierre Bourdieu en action. Espace culturel, espace social et analyse des données* (pp.3-20). Paris : Dunod.
- Leeper, T. J. (2018). Interpreting regression results using average marginal effects with R's margins. *Available at the comprehensive R Archive Network (CRAN)*.
- Le Feuvre, N., Bataille, P., Kradolfer, S., Carral, M. D. R., & Sautier, M. (2018). The gendered diversification of academic career paths in comparative perspective. In Mugia A. & Poggio B. *Gender and Precarious Research Careers. A Comparative Analysis* (pp.50-80). Londres et New York : Routledge.
- Lemercier, C., Zalc, C. (2008). *Méthodes quantitatives pour l'historien*. Paris : La Découverte.
- Lemercier, C., Picard, E. (2012) Quelle approche prosopographique ? In L. Rollet et Ph. Narbonnaud (Eds.), *Les uns et les autres... Biographies et prosopographies en histoire des sciences* (pp. 605-630). Nancy : Presses universitaires de Nancy.
- Lenoir, R. (2005). L'habitus scientifique. Pierre Bourdieu et l'intellectuel collectif. *Regards sociologiques*, 30(2), 119-130.
- Lenoir, R. (2015). La notion de capital social dans l'œuvre de Pierre Bourdieu. *Regards sociologiques*, 109-132.
- Lenoir, R. (2016). Capital social et habitus mondain. *Sociologie*, 7(3), 281-300.
- Lepori, B. (2007). *La politique de la recherche en Suisse : Institutions, acteurs et dynamique historique*, Berne : Haupt Verlag.
- Leresche, J. P., Joye-Cagnard, F., Benninghoff, M., & Ramuz, R. (2012). *Gouverner les universités: l'exemple de la coordination Genève-Lausanne, 1990-2010*. Lausanne : PPUR Presses polytechniques.
- Le Roux, B. & Rouanet, H. (2010). *Multiple correspondence analysis*, Los Angeles: Sage Publications.
- Lesnard, L. (2014). Using optimal matching analysis in sociology: cost setting and sociology of time. In Blanchard, P., Bühlmann, F. & Gauthier, J.-A. (Eds.), *Advances in Sequence Analysis: Theory, Method, Applications* (pp. 39-50). Springer International Publishing.
- Leydesdorff, L., & Etzkowitz, H. (1998). The triple helix as a model for innovation studies. *Science and public policy*, 25(3), 195-203.
- Leydesdorff, L. (2007). Betweenness centrality as an indicator of the interdisciplinarity of scientific journals. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 58(9), 1303-1319.
- Lin, N., Cook, K. S., & Burt, R. S. (Eds.) (2001). *Social capital: Theory and research*. New York : Aldine de Gruyter.
- Link, A. N., & Scott, J. T. (2003). U.S. science parks: the diffusion of an innovation and its effects on the academic missions of universities. *International Journal of Industrial Organization*, 21, 1323-1356.
- Long, J.S. (1997). *Regression models for categorical and limited dependent variables. Advanced quantitative techniques in the social sciences (Vol. 7)*. Thousand Oaks : Sage Publications.

- Losego, P., Doménech, M., & Tirado, F. J. (2000). Les cycles de crédibilité des biologistes et des mathématiciens: l'exemple de deux départements universitaires de Barcelone. *Sciences de la société*, 49, 107-128.
- Louvel, S. (2015). Ce que l'interdisciplinarité fait aux disciplines. *Revue française de sociologie*, 56(1), 75-103.
- Lukes, S. (2005 [1974]). *Power. A radical view*. Houndmill : Palgrave Mcmillan.
- Mach, A., David, T. (2006). « Les élites suisses au XXe siècle : un processus de différenciation inachevée? », Projet FNS, 20 pp.
- Mach, A., & Pilotti, A. (2008). Professionnalisation et changements de profils des parlementaires suisses au cours de la période récente (1980-2000). *Travaux de Science Politique*. Lausanne : Université de Lausanne.
- Mach, A., David, T., & Bühlmann, F. (2011). La fragilité des liens nationaux. *Actes de la recherche en sciences sociales*, (5), 78-107.
- Mach, A., David, T., Ginalski, S., & Bühlmann, F. (2016). *Les élites économiques suisses au 20ème siècle*. Neuchâtel : Alphil.
- Machlup, F. (1962). *The production and distribution of knowledge in the United States (Vol. 278)*. Princeton : Princeton University Press.
- MacIndoe, H., & Abbott, A. (2004). Sequence analysis and optimal matching techniques for social science data. In Hardy M., Bryman A., *Handbook of Data Analysis* (pp. 387-406), London : Sage.
- Magner, L. N. (2002). *A history of the life sciences, revised and expanded*. Boca Raton : CRC Press.
- Maillochon, F. (2010). Pourquoi l'analyse des réseaux?. In Paugam, S. (Dir.), *L'enquête sociologique* (pp.186-206), Paris : PUF.
- Maldonado-Denis, M. (1961). Ortega y Gasset and the Theory of the Masses. *Western Political Quarterly*, 14(3), 676-690.
- Malissard, P. (2000). Les «Start-up» de jadis: La production de vaccins au Canada: La Science: nouvel environnement, nouvelles pratiques?. *Sociologie et sociétés*, 32(1), 93-106.
- Malissard, P., Gingras, Y., & Gemme, B. (2003). La commercialisation de la recherche. *Actes de la recherche en sciences sociales*, (3), 57-67.
- Manegold, K. H. (1970). *Universität, Technische Hochschule und Industrie: Ein Beitrag zur Emanzipation der Technik im 19. Jahrhundert unter besonderer Berücksichtigung der Bestrebungen Felix Kleins* (Vol. 16). Berlin: Duncker & Humblot.
- Marcacci, M. (1987). *Histoire de l'Université de Genève*, Genève : Université de Genève.
- Marcovich, A., & Shinn, T. (2011). Where is Disciplinary Going? Meeting on Borderland: Studies of Science and Technology. *Social Science Information*, 50(3-4), 582-606.
- Martin, P.-E. (1958). Histoire de l'Université de Genève. L'Université de 1914 à 1956, Genève : Georg et cie S.A., Librairie de L'Université.
- Martin, P.-E. (1959). Histoire de l'Université de Genève. Annexes. Historique des facultés et des instituts 1914-1956, Genève : Georg et cie S.A., Librairie de L'Université.

- Marry, C. (2001). Filles et garçons à l'école : du discours muet aux controverses des années 1990. In Laufer J. Marry, C. & Maruani M. (Eds.), *Masculin-féminin: questions pour les sciences de l'homme* (pp. 25-41). Paris : PUF.
- Marry, C. (2008). Le plafond de verre dans le monde académique: l'exemple de la biologie. *Idées économiques et sociales*, (3), 36-47.
- Maupertuis, M. A. (1999). Innovation et évolution des compétences dans la dynamique industrielle: le cas de l'industrie pharmaceutique mondiale. *Revue d'économie industrielle*, 90(1), 41-58.
- Mercklé, P. (2011). *Sociologie des réseaux sociaux*. Paris : La Découverte.
- Mercklé, P. (2013). La «découverte» des réseaux sociaux. *Réseaux*, (6), 187-208.
- Merton, R. K. (1968). The Matthew effect in science: The reward and communication systems of science are considered. *Science*, 159(3810), 56-63.
- Merton, R. K. (1973). *The sociology of science: Theoretical and empirical investigations*. Chicago : The University of Chicago press.
- Michels, R. (1971 [1914]). *Les partis politiques: essai sur les tendances oligarchiques des démocraties*. Paris Flammarion.
- Milgram, S. (1967). The small world problem. *Psychology today*, 2(1), 60-67.
- Millet, C. (2017). The perfect academic: genre, normes et rapport à la carrière. La Revue des droits de l'homme. *Revue du Centre de recherches et d'études sur les droits fondamentaux*, (12), 1-9.
- Mills, C. Wright. (2012 [1956]). *L'élite du pouvoir*. Paris : Maspéro.
- Mills, C. Wright. (1967 [1959]). *L'imagination sociologique*. Paris : La Découverte.
- Mizruchi, M. S. (1982). *The American Corporate Network, 1904-1974*. Beverly Hills : Sage Publications.
- Mizruchi, M. S. (1996). What do interlocks do? An analysis, critique, and assessment of research on interlocking directorates. *Annual Review of Sociology*, (22), 271-298.
- Mood, C. (2010). Logistic regression: Why we cannot do what we think we can do, and what we can do about it. *European sociological review*, 26(1), 67-82.
- Morange, M. (1994). *Histoire de la biologie moléculaire*. Paris : La Découverte.
- Morange, M. (2016). *Une histoire de la biologie*. Paris : Le Seuil.
- Morillo, F., Bordons, M., & Gómez, I. (2001). An approach to interdisciplinarity through bibliometric indicators. *Scientometrics*, 51(1), 203-222.
- Morineau, A. (1984). Note sur la Caractérisation Statistique d'une Classe et les Valeurs-tests. *Bulletin Technique du Centre de Statistique et d'Informatique Appliquées*, 2(1-2), 20-27.
- Muralt de, A. (1959). Sept ans de Fonds national. *Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles*, 139, 27-36.
- Musselin, C. (2005). *Le marché des universitaires: France, Allemagne, États-Unis*. Paris : Presses de Sciences Po.

- Musselin, C. (2008). Vers un marché international de l'enseignement supérieur?. *Critique internationale*, (2), 13-24.
- Musselin, C. (2009). Les réformes des universités en Europe: des orientations comparables, mais des déclinaisons nationales. *Revue du MAUSS*, (1), 69-91.
- Musselin, C. (2010). *Les universitaires*. Paris : La Découverte.
- Musselin, C. (2013). Redefinition of the relationships between academics and their university. *Higher Education*, 65(1), 25-37.
- Nelder, J. A., & Wedderburn, R. W. M (1972). Generalized linear models. *Journal of the Royal Statistical Society*, 135, 370-383.
- Neter, J., Kutner, M. H., Nachtsheim, C. J., & Wasserman, W. (1996). *Applied linear statistical models* (Vol. 4). Chicago : Irwin.
- Newman, M., Barabasi, A. L., & Watts, D. J. (2006). *The structure and dynamics of networks* (Vol. 12). Princeton : Princeton University Press.
- Nieddu, M., Vivien, F. D., Garnier, E., & Bliard, C. (2014). Existe-t-il réellement un nouveau paradigme de la chimie verte?. *Natures Sciences Sociétés*, 22(2), 103-113.
- Nowotny, H., Scott, P., Gibbons, M., & Scott, P. B. (2001). *Re-thinking science: Knowledge and the public in an age of uncertainty* (p. 12). Cambridge : Polity Press.
- Nowotny, H., Scott, P., & Gibbons, M. (2003). Introduction: Mode 2 Revisited: The New Production of Knowledge. *Minerva*, 41(3), 179-194.
- Owen-Smith, J., & Powell, W. W. (2004). Carrières et contradictions en sciences de la vie: réponses du corps académique aux transformations de la connaissance et de ses utilisations. *Sociologie du travail*, 46(3), 347-377.
- Paradeise, C., & Crow, M. (2009). Une «nouvelle université américaine»? *Le Débat*, 156(4), 117-127.
- Paradeise, C. (2010). Professions et organisations, la concurrence des régulations. *Les dossiers des sciences de l'éducation*, (24), 53-69.
- Paradeise, C. (2011). La profession académique saisie par la nouvelle gestion publique. *Sociologie du travail*, 53(3), 313-321.
- Paradeise, C., Noël, M., & Goastellec, G. (2015). Pressions du marché, recomposition des alliances disciplinaires et épistémologies. In Gorga, A., & Leresche, J. P. (Eds.), *Disciplines académiques en transformation: Entre innovation et résistance* (pp.3-20). Paris : Editions des archives contemporaines.
- Pareto, V. (1916). *Traité de sociologie générale*. Genève : Droz.
- Parker, J., Lortie, C., & Allesina, S. (2010). Characterizing a scientific elite: the social characteristics of the most highly cited scientists in environmental science and ecology. *Scientometrics*, 85(1), 129-143.
- Pestre, D. (2003). *Science, argent et politique: un essai d'interprétation*. Paris : Editions Quae.
- Pilotti, A., Mach, A., & Mazzoleni, O. (2010). Les parlementaires suisses entre démocratisation et professionnalisation, 1910–2000. *Swiss Political Science Review*, 16(2), 211-245.

- Pilotti, A. (2017). *Entre démocratisation et professionnalisation: le Parlement suisse et ses membres de 1910 à 2016*. Neuchâtel : Seismo.
- Pont, M. (2010). *Chronique de l'EPFL 1978-2000. L'âge d'or de l'ingénierie*. Lausanne : PPUR.
- Porter, A., & Chubin, D. (1985). An indicator of cross-disciplinary research. *Scientometrics*, 8(3-4), 161-176.
- Porter, A., & Rafols, I. (2009). Is science becoming more interdisciplinary? Measuring and mapping six research fields over time. *Scientometrics*, 81(3), 719-745.
- Prud'homme, J., & Gingras, Y. (2015). Les collaborations interdisciplinaires: raisons et obstacles. *Actes de la recherche en sciences sociales*, (5), 40-49.
- Putnam, R. D. (2000). Bowling alone: America's declining social capital. In Crothers, L. et al. (Eds.), *Culture and politics* (pp. 223-234). Palgrave Macmillan : New York.
- Qiu, L. (1992). A study of interdisciplinary research collaboration. *Research Evaluation*, 2(3), 169-175.
- Quintas, P., Wield, D., & Massey, D. (1992). Academic-industry links and innovation: questioning the science park model. *Technovation*, 12(3), 161-175.
- Rafols, I., & Meyer, M. (2009). Diversity and network coherence as indicators of interdisciplinarity: case studies in bionanoscience. *Scientometrics*, 82(2), 263-287.
- Rebetez, J.-C. et al. (2002). Histoire de l'Université de Neuchâtel. Tome 3. L'Université, de sa fondation en 1909 au début des années soixante, Neuchâtel : Université de Neuchâtel ; Hauterive : G. Attinger, 646p.
- Reinhardt, C. (2002). *Chemical sciences in the 20th century: Bridging boundaries*. Hoboken : John Wiley & Sons.
- Renisio, Y. (2015). L'origine sociale des disciplines. *Actes de la recherche en sciences sociales*, (5), 10-27.
- Renisio, Y., & Sinthon, R. (2014). L'analyse des correspondances multiples au service de l'enquête de terrain. *Genèses*, (4), 109-125.
- Robert, O., Panese, F. (2000). *Dictionnaire des professeurs de l'Université de Lausanne*, Lausanne : Université de Lausanne.
- Ronson, C. (2005). *L'histoire de la biologie moléculaire. Pionniers & héros*. Bruxelles : De Boeck.
- Rouanet, H., Lebaron, F., Le Hay, V., Ackermann, W., & Le Roux, B. (2002). Régression et analyse géométrique des données: réflexions et suggestions. *Mathématiques et sciences humaines*, (160), 13-45.
- Rossier, T. (2017). *Affirmation et transformations des sciences économiques en Suisse au XX^e siècle*. Thèse de doctorat, Université de Lausanne.
- Rossier, T. (2019). Prosopography, Networks, Life Course Sequences, and so on. Quantifying with or beyond Bourdieu?. *Bulletin de Méthodologie Sociologique*, 144, 6-39.
- Rossier, T., Beetschen, M., Mach, A., & Bühlmann, F. (2015). Internationalisation des élites académiques suisses au XX^e siècle: convergences et contrastes. *Cahiers de la recherche sur l'éducation et les savoirs*, (14), 119-139.

- Rossier, T., & Bühlmann, F. (2018). The Internationalisation of Economics and Business Studies. *Historical Social Research/Historische Sozialforschung*, 43(165), 189-215.
- Ruffieux, R. (1991a). *Histoire de l'Université de Fribourg Suisse. 1889-1989. Institutions, enseignement, recherches. Tome 1. Fondation et développement* (pp.1-472). Fribourg : Editions universitaires
- Ruffieux, R. (1991b). *Histoire de l'Université de Fribourg Suisse. 1889-1989. Institutions, enseignement, recherches. Tome 2. Les Facultés* (pp.473-916). Fribourg : Editions universitaires.
- Ruffieux, R. (1991c). *Histoire de l'Université de Fribourg Suisse. 1889-1989. Institutions, enseignement, recherches. Tome 3. Personnes, dates et faits* (pp.917-1200). Fribourg : Editions universitaires.
- Saint-Martin, A. (2013). *La sociologie de Robert K. Merton*. Paris : La Découverte.
- Sanchez-Mazas, M., & Casini, A. (2005). Egalité formelle et obstacles informels à l'ascension professionnelle: les femmes et l'effet 'plafond de verre'. *Social Science Information*, 44(1), 141-173.
- Sanz-Casado, E., Martín-Moreno, C., García-Zorita, C., & Lascurain-Sanchez, M. L. (2004). Study of interdisciplinarity in chemistry research based on the production of Puerto Rican scientists 1992-2001. *Information Research*, 9(4), 9-4.
- Sapin, M., Spini, D., & Widmer, E. (2007). *Les parcours de vie: de l'adolescence au grand âge* (Vol. 39). Lausanne : Collection le savoir suisse.
- Savage, M. (2019). *What makes for a successful sociology? A response to "Against a descriptive turn"*. *British Journal of Sociology*, 1-9.
- Savage, M., Warde, A., & Devine, F. (2005). Capitals, assets, and resources: some critical issues. *The British journal of sociology*, 56(1), 31-47.
- Scandola, P. (1984a). *Hochschulgeschichte Berns 1528-1984 : zur 150-Jahr-Feier der Universität Bern*. Berne : Université de Berne.
- Scandola, P. (1984b). *Die Dozenten der bernischen Hochschule*. Berne, Université de Berne.
- Schuster, J. H., & Finkelstein, M. J. (2006). *The American faculty: The restructuring of academic work and careers*. Baltimore : Johns Hopkins University Press.
- Schummer, J. (2004). Multidisciplinarity, interdisciplinarity, and patterns of research collaboration in nanoscience and nanotechnology. *Scientometrics*, 59(3), 425-465.
- Scott, J. (1988). Social network analysis. *Sociology*, 22(1), 109-127.
- Scott, J. (1994). *Power. Critical concepts* (Vol 1). London : Routledge.
- Scott, J. (2002). *Social networks: Critical concepts in sociology* (Vol. 4). London : Taylor & Francis.
- Scott, J., & Carrington, P. J. (2011). *The SAGE handbook of social network analysis*. London: Sage publications.
- Shinn, T. (2002). The triple helix and new production of knowledge: prepackaged thinking on science and technology. *Social studies of science*, 32(4), 599-614.
- Shinn, T., Ragouet, P. (2005). *Controverses sur la science: pour une sociologie transversaliste des activités scientifiques*. Paris : Raisons d'Agir.
- Simmel, G. (1999 [1908]). *Sociologie. Etudes sur la formation de la socialisation*. Paris : PUF.

- Simon, C. (2010). *Naturwissenschaften in Basel im 19. Und 20. Jahrhundert. Die Philosophisch-Naturwissenschaftliche Fakultät der Universität.*
- Small, H. (1973). Co-citation in the scientific literature: A new measure of the relationship between two documents. *Journal of the American Society for information Science*, 24(4), 265-269.
- Small, H. (1999). Visualizing science by citation mapping. *Journal of the American society for Information Science*, 50(9), 799-813.
- Stadler, P. (1983). *Die Universität Zürich. 1933-1983*, Zürich : Universität Zürich.
- Stammer, O. (1951). *Das Elitenproblem in der Demokratie*. Berlin : Duncker und Humblot.
- Steinke, H. (2014). Theodor Zwinger. Notice du Dictionnaire historique de la Suisse (DHS).
- Stettler, N. (2002). *Natur erforschen. Perspektiven einer Kulturgeschichte der Biowissenschaften an Schweizer Universitäten 1945–1975*. Zurich : Chronos Verlag.
- Strasser, B. J. (2002). Totems de laboratoires, microscopes électroniques et réseaux scientifiques: L'émergence de la biologie moléculaire à Genève (1945-1960). *Revue d'histoire des sciences*, 55(1), 5-43.
- Strasser, B. J., & Bürgi, M. (2005). L'histoire des sciences, une histoire à part entière?. *Revue Suisse d'Histoire*, 55(1), 3-16.
- Strasser, B. J. (2006). *La fabrique d'une nouvelle science. La biologie moléculaire à l'âge atomique (1945-1964)*. Florence : Olschki.
- Strasser, B. J. (2014). *Biomedicine: Meanings, Assumptions, and Possible Futures*. Conseil suisse de la science et de l'innovation CSSI.
- Straumann, L. (2005). *Nützliche Schädlinge. Angewandte Entomologie, chemische Industrie und Landwirtschaftspolitik in der Schweiz 1874-1952*. Zurich :, Chronos Verlag.
- Straumann, T. (1997). « Die Wissenschaft ist der goldene Leistern der Praxis. Das deutsche Modell und die Entstehung der Basler Chemie (1860-1920) » in Busset, T., Rosenbusch, A. & Simon, C. (Eds.), *Chemie in der Schweiz: Geschichte der Forschung und der Industrie* (pp.77-100). Basel : Christoph Merian Verlag.
- Tamm, C. (1997). Universität und Industrie. Die Entwicklung der Chemie in Basel. In Busset, T., Rosenbusch, A. & Simon, C. (Eds.), *Chemie in der Schweiz: Geschichte der Forschung und der Industrie* (pp.59-76). Basel : Christoph Merian Verlag.
- Tanner, J. (1998). The Swiss pharmaceutical industry: The impact of industrial property rights and trust in the laboratory, 1907–1939. In Travis, A.S., Schröter, H.G., Homburg, E. & Morris, P.J.T. (Eds.), *Determinants in the Evolution of the European Chemical Industry, 1900–1939* (pp. 257-271). Springer Netherlands.
- Thommen, R. (1914). *Die Universität Basel in den Jahren 1884-1913*. Bâle : Friedrich Reinhardt Universitätsbuchdruckerei.
- Tissot, L. (1996) *Politique, société et enseignement supérieur dans le canton de Vaud. L'Université de Lausanne 1890-1916*. Lausanne : Editions Payot.
- Tobler, W. (1980). *Eidgenössische Technische Hochschule Zürich 1955-1980. Festschrift für 125jährigen Bestehen*. Zürich : Verlag Neue Zürcher Zeitung.

- Toft, M. (2018). Upper-class trajectories: capital-specific pathways to power. *Socio-Economic Review*, 16(2), 341-364.
- Toft, M. (2019). Mobility closure in the upper class: assessing time and forms of capital. *The British journal of sociology*, 70(1), 109-137.
- Travers, J., & Milgram, S. (1977). An experimental study of the small world problem. In Leinhardt F., *Social Networks - A Developing Paradigm* (pp. 179-197). New York : Academic Press.
- UniBe (2007). *Die Dozenten der Berner Hochschule von 1980 bis heute*. Université de Berne.
- UniGe (1986). *Université de Genève. Recueil des professeurs, 1985*. Genève : Imprimerie du Journal de Genève, 512 p.
- Useem, M. (1984). *The inner circle* (Vol. 617). New York : Oxford University Press.
- Vaara, E., & Faÿ, E. (2012). Reproduction and change on the global scale: A Bourdieusian perspective on management education. *Journal of Management Studies*, 49(6), 1023-1051.
- Verdrager, P. (2005). La sociologie de la reconnaissance scientifique: généalogie et perspectives. *Revue d'Histoire des Sciences Humaines*, (2), 51-68.
- Vidal, B. (1998). *Histoire de la chimie*. Paris : PUF.
- Weber, M. (1995 [1922]). *Economie et société*. Paris : Pocket.
- Weber, L., & Duderstadt, J. J. (2013). *Preparing Universities for an Era of Change*. Paris : Economica.
- Weibel, A. (2013). Sociétés savantes. Notice du Dictionnaire historique de la Suisse (DHS).
- Weingart, P & Stehr, N. (Eds.). (2000). *Practising interdisciplinarity*. Toronto : University of Toronto Press.
- Whitley, R., & Gläser, J. (Eds.). (2007). *The changing governance of the sciences: The advent of research evaluation systems. Sociology of the sciences yearbook*. New York : Springer.
- Widmer, E., & Ritschard, G. (2009). The de-standardization of the life course: Are men and women equal?. *Advances in Life Course Research*, 14(1-2), 28-39.
- Wirz-von Planta, J. (2016). Die Chemie an der Universität Basel. Lehre, Forschung und Aussenbeziehungen seit dem 19. Jahrhundert. In Kreis G. & Beat von Wartburg (Eds.), *Chemie und Pharma in Basel 1. Mario König. Besichtigung einer Weltindustrie – 1859-2016* (pp.97-107). Basel : Christoph Merian Verlag.
- Zeller, M.-F., Liard, P.-A. (2005). *Les Professeurs de l'Université de Lausanne 1890-1939*, Lausanne : Archives de l'Université de Lausanne, 336 p.
- Zuckermann, H. (1977). *Scientific elite: Nobel laureates in the United States*. New Brunswick: Transaction Publishers.
- Zuckermann, H. E., Cole, J. R., & Bruer, J. T. (1991). *The outer circle: Women in the scientific community*. New York, London : WW Norton & Co.
- Zweig, K. A., & Kaufmann, M. (2011). A systematic approach to the one-mode projection of bipartite graphs. *Social Network Analysis and Mining*, 1(3), 187-218.