

L'apport de la trace matérielle dans l'enquête criminelle :
évaluation de la contribution des liens chimiques issus du profilage de produits stupéfiants par
l'analyse des réseaux sociaux
David Corazza et Pierre Esseiva

Auteurs :

David Corazza : doctorant, Ecole des Sciences Criminelles, université de Lausanne.

Pierre Esseiva : professeur associé, Ecole des Sciences Criminelles, université de Lausanne.

Personne de contact : David Corazza, david.corazza@unil.ch

Mots-clés : *analyse criminelle, renseignement forensique, profilage physico-chimique de produits stupéfiants, liens chimiques, analyse des réseaux sociaux.*

Résumé

La trace matérielle dispose d'un potentiel incomparable pour mettre en relation des indices et occupe souvent une place centrale lors du procès pénal (Ribaux et Margot, 2008). Au delà de son rôle élémentaire en tant qu'élément de preuve, la trace matérielle véhicule de nombreuses autres informations encore trop peu exploitées en matière d'investigation ou pour servir de base au renseignement criminel. C'est particulièrement le cas des liens chimiques découverts grâce au profilage physico-chimique de produits stupéfiants saisis par les autorités. Le but de ce travail est d'estimer l'apport de ces liens chimiques à la perception de la structure des réseaux criminels. Pour ce faire, nous nous appuyons sur des modèles d'analyse des réseaux sociaux (*SNA, Social Network Analysis*). Ces modèles sont toujours plus utilisés pour traiter des affaires qui relèvent de la criminalité organisée, notamment pour comprendre la structure et la dynamique de ces réseaux d'acteurs. L'analyse des réseaux sociaux (SNA) procède par le calcul de différents indicateurs pour mettre en évidence des éléments pertinents de leur structure et leurs acteurs clés. Par exemple, l'identification des vulnérabilités de l'organisation et des mécanismes mis en place par les acteurs pourra orienter les actions policières. Cette recherche se base sur une enquête concernant un réseau international de trafic de produits stupéfiants. En plus des autres informations d'enquête traditionnellement disponibles, des liens chimiques ont été mis en évidence par le profilage de l'héroïne saisie à différents endroits et périodes, puis utilisés par les enquêteurs. Cette recherche consiste à utiliser les indicateurs SNA pour évaluer l'influence de ces liens chimiques sur la structure de ce réseau construit à partir des autres indices. Les premiers résultats montrent que les liens chimiques sont cohérents avec les autres types de relations, et qu'ils tendent, à eux seuls, à mettre en évidence les positions centrales de certains acteurs clés. De plus, l'intégration de ces liens renforce les centralités de certains acteurs et permet ainsi de les considérer de manière plus centrale qu'ils ne l'étaient auparavant. Enfin, ces premiers résultats laissent entrevoir des perspectives intéressantes notamment au travers de la pondération de ces relations afin d'évaluer de manière plus globale l'apport du potentiel informatif de ce type de renseignement.

The contribution of the physical trace in the criminal investigation :
Evaluation of the chemical links contribution produced through illicit drug profiling by social
network analysis.
David Corazza and Pierre Esseiva

Keywords : *crime analysis, forensic intelligence, illicit drug chemical profiling, chemical links, social network analysis.*

Abstract

The physical trace has a unique potential to link clues and often plays a central position during the criminal trial (Ribaux et Margot, 2008). Beyond its primary role as evidence, the physical trace carries a lot of other information still too little exploited as regards investigation or to serve as a basis to criminal intelligence. It is especially the case of the chemical links discovered through the chemical profiling of drugs seized by the authorities. The aim of this project is to appreciate the contribution of these chemical links to structure perception of the criminal networks. For these purposes, we use social network analysis models (SNA). These models are increasingly used in cases of organised crime and particularly to understand the structure and dynamic of these networks. The social network analysis (SNA) calculates different indicators in order to highlight the relevant parts of their structure and their key players. For example, the identification of network vulnerabilities or mechanisms used by the actors will guide the police decisions. This research is based on an investigation of a large international drug trafficking network. In addition to the other information traditionally available, chemical links were highlighted through the chemical profiling of heroin seized in different locations and times, and exploited by the investigators. Thus, in this research, we use the SNA indicators to assess the influence of these chemical links on the structure of this network built on the other clues. The first results show that chemical links are consistent with the other kinds of relationships and they alone tend to highlight the central positions of some key players. Moreover, the integration of these links strengthens the central positions of some players allowing to consider them more central than previously. Finally, these results suggest interesting perspectives like weighting these relationships in order to assess more generally the contribution of the informative potential of this kind of forensic intelligence.

Introduction

La trace matérielle dispose d'un potentiel incomparable pour mettre en relation des indices et ainsi indiquer une origine commune. Elle occupe souvent une place centrale lors du procès pénal (Ribaux et Margot, 2008). Au delà de son rôle élémentaire en tant qu'élément de preuve, la trace matérielle véhicule de nombreuses autres informations. Elle dispose d'ailleurs d'un potentiel informatif qui semble être de plus en plus reconnu et mis à profit pour servir de base au renseignement criminel (Been *et al.*, 2011; Baechler *et al.*, 2012a; Baechler *et al.*, 2012b; Camargo *et al.*, 2012; Rossy *et al.*, 2012). Que ce soit en matière d'investigation ou dans le but de produire des renseignements, ces informations demeurent toutefois peu exploitées notamment pour détecter les répétitions criminelles ou pour comprendre l'évolution de phénomènes criminels (Rossy *et al.*, 2012). C'est particulièrement le cas des liens chimiques découverts grâce au profilage de produits stupéfiants. Le profilage physico-chimique de produits stupéfiants permet d'élaborer un modèle capable de produire et de gérer des liens à partir de l'analyse de produits stupéfiants saisis par les autorités (Dujourdy *et al.*, 2003; Esseiva *et al.*, 2003; Guéniat et Esseiva, 2005; Esseiva *et al.*, 2007). Il peut être exploité dans une optique d'investigation mais aussi et surtout dans la perspective de procurer du renseignement criminel sur l'ampleur, l'étendue, l'organisation et la dynamique du trafic (Esseiva *et al.*, 2007; Ioset *et al.*, 2007). Les différents degrés de relation inférés à partir de la comparaison d'échantillons saisis, combinés aux renseignements obtenus par les méthodes policières traditionnelles facilitent la compréhension de l'organisation d'un réseau de distribution à différents niveaux (local, régional, national et international) (Ribaux *et al.*, 2010). C'est également dans le but de mieux percevoir la structure et la dynamique de ces réseaux d'acteurs que l'analyse des réseaux sociaux (*Social Network Analysis, SNA*) a été introduite comme outil d'investigation (Ianni et Reuss-Ianni, 1990; van der Hulst, 2009). Cet outil analytique, habituellement utilisé en sociologie, s'ajoute aux méthodes de l'analyse criminelle pour lutter contre le crime organisé comme les réseaux de trafic de produits stupéfiants (Sparrow, 1991a, 1991b). De plus en plus utilisé, il permet d'orienter les enquêtes, par exemple en concentrant les efforts sur des acteurs sélectionnés de manière à perturber autant que possible le fonctionnement du réseau (Ianni et Reuss-Ianni, 1990). Il s'appuie sur des techniques et des modèles d'analyse basés sur des concepts mathématiques comme la théorie des graphes, des modèles algébriques ainsi que des théories probabilistes et statistiques (Wasserman et Faust, 1994; McGloin et Kirk, 2010). Ainsi, par le calcul de différents indicateurs, ces modèles d'analyse permettent d'étudier les propriétés structurelles de ces réseaux puis d'en mettre en évidence leurs éléments pertinents et leurs acteurs clés.

De manière générale, il est difficile de mesurer ce qu'apporte la trace matérielle à la compréhension des problèmes de criminalité (Ribaux *et al.*, 2010). Lorsqu'on considère la contribution d'une trace sous l'angle de l'identification, sa fonction élémentaire, des indicateurs tels qu'un taux de résolution

d'infractions ou un nombre d'identifications peuvent être utilisés pour évaluer son potentiel informatif (Burrows et Tarling, 2004). Mais, les processus d'investigation sont, de manière générale, trop peu formalisés pour procurer le moyen d'estimer ce qu'apportent les informations que véhicule la trace lorsque sa contribution va au-delà de la fonction élémentaire d'identification de la source et qu'elle est intégrée aux autres informations d'enquête. Certains aspects de cette contribution habituellement diluée deviennent toutefois mesurables grâce aux SNA et à ses indicateurs calculables de la structure des réseaux : comment ces indicateurs changent-ils lorsque des liens matériels sont ignorés, ou respectivement, sont pris en compte ?

Ce travail illustre cette démarche à partir d'une enquête concernant un vaste réseau international de trafic de produits stupéfiants menée par la Police Judiciaire Fédérale. Dans cette affaire, parmi les autres informations d'enquêtes habituellement disponibles, des liens chimiques ont été mis en évidence grâce au profilage physico-chimique de l'héroïne saisie, puis utilisés par les enquêteurs. Ainsi, le but est d'exploiter la nature des relations entre les différents acteurs du réseau puis d'utiliser les indicateurs SNA pour estimer l'influence de ces liens chimiques sur la structure de ce réseau de trafiquants.

L'analyse des réseaux sociaux comme outils à des fins de renseignement.

Dans les années 1990, malgré la prise de conscience évidente de l'importance de l'analyse criminelle, les services de renseignements, utilisent à cette période des outils analytiques et des concepts encore trop basiques. Ils disposent d'une importante quantité de données souvent informatisées, mais d'une faible capacité à en extraire des renseignements (Sparrow, 1991a, 1991b). Dès lors, de nouveaux outils sont développés et adaptés à des fins de renseignements comme l'analyse des réseaux sociaux (*SNA, Social Network Analysis*). Ces techniques d'analyse également préconisées par le modèle de conduite des affaires mis en œuvre en Grande-Bretagne (*National Intelligence Model*) (NCIS, 2000) dans un cadre stratégique comme opérationnel permettent aussi de pallier les difficultés que posent la taille et la complexité de ces réseaux aux outils habituellement utilisés en analyse criminelle (Rossy, 2011). Mais c'est surtout depuis les attentats survenus à New York en 2001 et à Madrid en 2004 que les services de renseignement utilisent toujours davantage ces techniques d'analyse (Krebs, 2001; Rodríguez, 2005). Europol a par exemple adopté une approche novatrice basée sur ces techniques pour diriger le renseignement, l'analyse criminelle ainsi que le soutien à l'enquête pour les investigations de grandes envergures et a obtenu, selon lui, « d'excellents résultats opérationnels » (EUROPOL, 2010, 2011). Depuis 2011, Europol semble encore intensifier le recours à ces techniques d'analyse, en exigeant que leurs analystes opérationnels suivent une formation continue complète sur leur utilisation (EUROPOL,

2012). En plus d'être intégrées dans les dernières versions des principaux outils informatiques dédiés à l'analyse et à la visualisation (IBM, 2011; FMS, 2012), elles sont également utilisées par le nouveau Centre européen de lutte contre la cybercriminalité mis en place depuis janvier 2013 (Drewer et Ellermann, 2012; EUROPOL, 2013).

Les organisations criminelles sont généralement constituées d'un grand nombre d'entités en interaction et structurées en réseaux. La complexité de leurs interactions empêche de prévoir leurs comportements ainsi que leurs évolutions, ils correspondent à ce qu'on appelle des réseaux ou systèmes complexes (Xu et Chen, 2008). Les systèmes complexes font l'objet de nombreuses recherches dans divers domaines comme la physique, la biologie ou encore la médecine (cf. figure 1) (Watts et Strogatz, 1998; Albert et Barabási, 2002; Newman, 2003; Xu et Chen, 2008; Pajot et Barthélémy, 2012). L'analyse de réseaux fait partie des méthodes développées dans le but de modéliser leur complexité afin d'étudier ces systèmes.

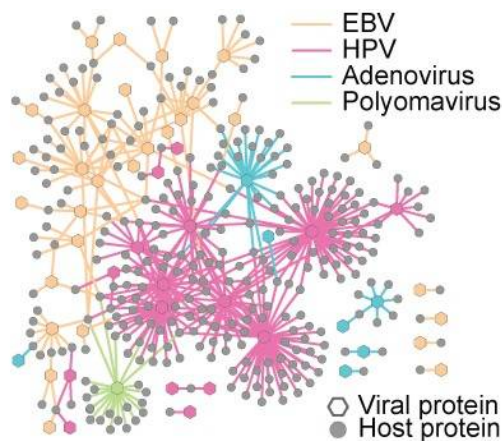


Figure 1 : réseau des interactions binaires hôte-virus de protéines détectées par double hybride (Y2H) (Rozenblatt-Rosen *et al.*, 2012)

Lorsqu'on se focalise sur les relations entre individus, ces techniques d'analyse (SNA) s'intéressent à la compréhension du comportement humain en se basant sur l'importance des relations sociales et dispose d'outils permettant d'étudier ces relations ainsi que leurs conséquences (McGloin et Kirk, 2010). Différents indicateurs propres à ces techniques comme les mesures de groupes ou de centralités permettent de mettre en évidence et d'étudier les propriétés structurelles de ces réseaux d'acteurs. Les mesures de groupes sont étroitement liées à la taille d'un réseau et permettent principalement d'en déterminer sa densité qui reflète d'une part la cohésion qui règne au sein du réseau et d'autre part le rapport entre l'efficacité de la communication et la protection du réseau (Koschade, 2006; Morselli *et al.*, 2007; Xu et Chen, 2008). La centralité est une propriété fondamentale pour les structures sociales et il existe aujourd'hui de nombreux indicateurs permettant de la mesurer comme la centralité de degré (*degree*) ou celle d'intermédierité (*betweenness*) (Freeman, 1978).

La centralité de degré considère comme centraux les nœuds qui présentent le plus haut degré dans le graphe (Bavelas, 1948; Nieminen, 1974). Le degré correspond tout simplement au nombre d'autres nœuds adjacents au nœud en question, c'est à dire directement connectés. Ces acteurs centraux sont intéressants, de par leur forte connectivité aux autres acteurs du réseau. Ils présentent un potentiel élevé pour faire circuler l'information et disposent de positions plus avantageuses ainsi que davantage d'opportunités et d'alternatives pour satisfaire leurs besoins par rapport aux autres acteurs. Cette centralité reflète ainsi l'activité relationnelle directe d'un acteur : plus le degré est important et plus il joue un rôle actif et dispose de pouvoir. Mais il ne faut pas négliger le biais suivant : la centralité de degré peut être influencée par la surabondance d'informations accumulées sur un acteur (Sparrow, 1991a, 1991b; McAndrew, 2000).

La centralité d'intermédiation (*betweenness*) se base sur les relations indirectes et correspond à la capacité d'un nœud à servir d'intermédiaire, l'idée est qu'un acteur peut très bien n'être que faiblement connecté avec les autres (centralité de degré peu élevée), mais avoir un rôle d'intermédiaire indispensable dans les relations. Ces intermédiaires permettent de relier des sous composants du réseau, des acteurs isolés, au reste du réseau. L'hypothèse avancée par Freeman (Freeman, 1978) est la suivante, plus un acteur se trouve dans une position intermédiaire, autrement dit, plus il est dans une situation où des acteurs doivent passer par lui pour atteindre d'autres acteurs et plus il aura la capacité de contrôler les transactions, la communication ou la circulation des informations, il sera indépendant des autres pour communiquer. Ainsi, un tel acteur peut facilement influencer le réseau en contrôlant les informations qui circulent par lui et il se trouve dans une position favorable à la coordination du réseau, il occupe une position centrale et très intéressante. Cette mesure tient compte des acteurs dans l'entourage d'un nœud en particulier, c'est davantage la qualité des relations qui prime plutôt que la quantité (Morselli et Roy, 2008). Cet indicateur représente une mesure pertinente pour identifier ces intermédiaires et ainsi les vulnérabilités d'un réseau (Sparrow, 1991a; Mainas, 2009).

L'utilisation des mesures apportées par les SNA vise à comprendre davantage la structure et l'organisation de réseaux criminels, mais permet aussi et surtout d'en identifier leurs vulnérabilités (Sparrow, 1991b) et d'estimer leur résistance afin d'adapter la réaction policière en fonction des stratégies d'enquête. C'est essentiellement dans ces perspectives que cet outil est mis en œuvre afin de lutter en général contre les réseaux criminels ou parfois de manière plus spécifique contre des réseaux de trafics de produits stupéfiants (Natarajan, 2000; Xu et Chen, 2003; Xu *et al.*, 2004; Natarajan, 2006; Morselli et Petit, 2007; Malm *et al.*, 2008; Mainas, 2009; Morselli, 2009; Bright *et al.*, 2011a; Bright *et al.*, 2011b; Giménez-Salinas Framis, 2011; Malm et Bichler, 2011; Berlusconi, 2012; Bright et Delaney, 2013).

Matériel et méthode

Contexte

La route principalement utilisée pour acheminer l'héroïne provenant d'Afghanistan en Suisse passe par les Balkans via l'Iran et la Turquie. En 2009, on estime qu'environ 65 tonnes d'héroïne ont transité par les Balkans à destination de l'Europe centrale (ONUUDC, 2011). Le conflit d'Ex-Yougoslavie et la guerre du Kosovo confèrent aux ressortissants de ces pays, mais plus particulièrement aux albanophones, un rôle principal dans la distribution d'héroïne en Suisse (Raufer et Quéré, 2000; Esseiva, 2004; Guéniat et Esseiva, 2005). D'ailleurs, un rapport de la Confédération estime qu'entre 70% et 90% de l'héroïne introduite en Suisse transite par ces réseaux (Burri Sharani *et al.*, 2010). La mafia albanophone est basée dans les principales villes de Suisse où elle dissimule des stocks importants d'héroïne : « cette organisation criminelle est très structurée et très disciplinée du fait de son fonctionnement clanique » (Esseiva, 2004; Guéniat et Esseiva, 2005). En effet, cette organisation, apparemment très compliquée, voire impossible à infiltrer du fait de sa composition et de son mode de fonctionnement, s'appuie sur la structure sociale traditionnelle albanaise basée sur la fratrie et le clan. Cette structure sociale repose sur un traité de droit coutumier datant du XV^{ème} siècle, le Kanun (Chassagne et Kolë, 2001; Dukagjini, 2001).

Trafic d'héroïne

Cette recherche se focalise sur un important réseau de trafic d'héroïne piloté par des ressortissants des Balkans qui a fait l'objet d'une enquête d'envergure menée par la police judiciaire fédérale il y a quelques années. Selon l'acte d'accusation du procureur fédéral, il est reproché aux accusés d'avoir écoulé plus d'une tonne et demie d'héroïne dont près d'une tonne a pu être saisie. D'après le procureur, ce clan originaire du Kosovo s'approvisionnait principalement en Turquie. L'héroïne était ensuite distribuée dans plusieurs pays européens par le biais d'intermédiaires qui géraient les transactions, de convoyeurs, de carrossiers qui préparaient les caches dans les véhicules, de courriers et de collecteurs de fonds. Cette opération, qu'on nommera « X », dirigée par la police judiciaire fédérale, est elle-même constituée de plusieurs opérations (environ 25-30) menées par d'autres polices cantonales ou par différentes polices à l'étranger comme l'Italie, l'Espagne, l'Allemagne ou encore la Slovénie. Il s'agissait de rassembler ces différentes enquêtes afin de démontrer le caractère d'organisation criminelle au sens de l'article 260^{ter} du code pénal (CP, 1937). Les premières opérations permettent de mettre en cause des individus dès décembre 1996 et la plupart des acteurs sont arrêtés avant la fin de l'année 2003. 23 opérations ont été prises en considération pour la reconstruction des réseaux correspondants. Les informations dont disposent les enquêteurs sont stockées et organisées dans une banque de données qui compte plus de 2'000 personnes.

Toutefois, parmi ces individus, figurent des alias, autrement dit, des mêmes personnes apparaissant plusieurs fois sous différentes identités. De nombreux individus n'ont pas pu être identifiés et d'autres ne présentent aucun lien avec le réseau qui met en œuvre le trafic. Au total 364 entités ont été retenues pour reconstruire les réseaux. Les relations entre ces entités représentent un peu plus de 1000 liens dont la nature a été qualifiée. En effet, ces relations peuvent être de types différents, une partie des relations entre les acteurs expriment des liens familiaux ou claniques, d'autres sont qualifiées de « relations délictueuses » lorsque le caractère délictueux est avéré (par exemple des personnes interpellées ensemble) ou « de relations non délictueuses » le cas échéant. Il existe ensuite d'autres relations dont la nature est difficile à déterminer, mais qui permettent de relier des acteurs sur la base d'éléments matériels ou de traces. Ainsi, il est possible d'établir des liens après l'analyse des éléments tels que les traces issues des communications téléphoniques, des véhicules utilisés successivement par plusieurs acteurs, du mode opératoire de dissimulation de l'héroïne dans des caches lors de l'importation, du profilage de l'héroïne, ainsi que des traces digitales retrouvées sur les pains d'héroïne saisis. A titre indicatif, les liens familiaux représentent environ 150 relations, les « relations délictueuses » représentent environ 280 relations alors que les « relations non délictueuses » en représentent environ 80. Quant aux liens établis sur la base d'éléments matériels, ils représentent un peu plus de 500 relations. Parmi ces liens matériels, dans de nombreux cas, il est possible d'établir un lien entre des individus par l'intermédiaire d'un véhicule qu'ils ont alternativement utilisé ou possédé, ce type de relation représente environ 200 relations. Les relations téléphoniques mises en évidence principalement par différents moyens de surveillance permettent d'établir environ 200 relations entre ces individus. Le profilage physico-chimique d'échantillons d'héroïne réalisé par l'Institut de Police Scientifique de l'Ecole des Sciences Criminelles de l'Université de Lausanne permet d'établir environ 80 relations entre les différents acteurs. Les liens établis à partir du mode opératoire et des traces digitales sont trop peu nombreux pour être considérés et sont donc écartés. Les informations accumulées au cours de l'enquête sont très nombreuses et de sources variées. Elles peuvent provenir des différents systèmes d'information de police de la Confédération (JANUS, IPAS, RIPOL, etc.), des surveillances électroniques et physiques, des rapports de contrôles et d'arrestations, d'auditions, de renseignements, etc.

Méthode de reconstruction des réseaux

En vue de l'analyse SNA, la construction du réseau procède par plusieurs étapes. Les informations permettant de reconstruire ces réseaux sont principalement contenues dans les rapports établis par les enquêteurs, la banque de données ainsi que sur un schéma relationnel illustrant les liens chimiques entre les échantillons de différentes saisies d'héroïne.

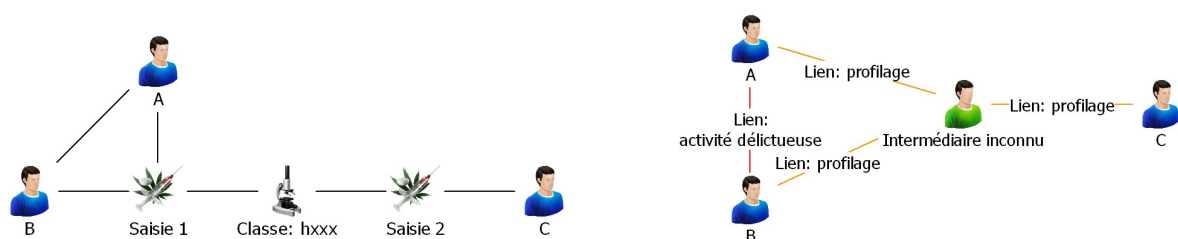
1. A partir de ces rapports établis par les enquêteurs, une première étape consiste à identifier les acteurs impliqués dans ce trafic d'héroïne et les relations qu'ils entretiennent. Il faut tenir compte de la notion de limite ou de frontière lors de l'analyse de tels réseaux. Les limites d'un réseau sont souvent difficiles à cerner (*fuzzy boundaries*) pourtant il est important de les connaître ou, du moins, d'essayer de les fixer (Sparrow, 1991a, 1991b; Coles, 2001; Krebs, 2001; Xu et Chen, 2005; Koschade, 2006; Malm, 2006; Malm *et al.*, 2008; van der Hulst, 2009; Malm et Bichler, 2011). Comme exposé précédemment, l'opération X, reprend un certain nombre d'autres opérations. De ce fait, il semble cohérent de fixer les frontières de chaque réseau, dans un premier temps, aux acteurs impliqués dans chaque opération puis de les étendre, dans un second temps, aux acteurs impliqués dans cette opération X.
2. Après avoir identifié les acteurs des différents réseaux, il s'agit d'identifier les relations qu'ils entretiennent à l'aide du travail effectué en amont par les enquêteurs. Il s'agit ensuite de reconstruire les différents réseaux correspondant à chaque opération et de les assembler afin d'obtenir le réseau global qu'on appellera *réseau complet*. Ce réseau regroupe ainsi toutes les relations entre les acteurs impliqués dans les différentes opérations et qui correspondent aux connaissances apportées globalement par les enquêteurs de l'enquête X.
3. La démarche préconise ensuite de construire des matrices adjacentes à partir des relations qu'entretiennent les acteurs des différents réseaux. Une matrice adjacente ou d'adjacence est un tableau représentant les relations entre des acteurs. Les mêmes acteurs sont disposés dans les rangées et les colonnes de la matrice qui contient généralement des données binaires (Lemieux et Ouimet, 2004).
 - a. Pour ce faire, les acteurs et leurs relations sont d'abord schématiquement matérialisés grâce à l'outil informatique Analyst's Notebook[®] (IBM, 2011). Ce procédé est rapide puisque cet outil est directement connecté avec la banque de données contenant les informations rassemblées pour l'enquête X.
 - b. Il s'agit ensuite d'exporter la liste des acteurs et de leurs relations dans le tableur Microsoft Office Excel[®] puis de supprimer les doublons.
 - c. Après une étape d'anonymisation, les matrices d'adjacence sont créées grâce au logiciel de traitement de données R[®] (R, 2011) afin de pouvoir être importées dans Ucinet[®] (Borgatti *et al.*, 2002), outil entièrement dédié à ce type d'analyse.

Méthode

Afin d'évaluer le potentiel informatif des liens produits par le profilage physico-chimique de l'héroïne et d'envisager une mesure de l'apport de tels renseignements grâce aux indicateurs des SNA, il s'agit de se focaliser sur la nature des liens qui matérialisent les relations entre les acteurs de ces réseaux. Bien que la prise en compte de la nature de ces relations dans les SNA ne fasse l'objet que de rares recherches (Malm *et al.*, 2010), de telles distinctions pourraient néanmoins augmenter leur pouvoir d'expression et faire apparaître des caractéristiques importantes de ces réseaux (Coles, 2001). Nous proposons donc de décomposer les relations en fonction de leurs natures afin d'évaluer l'influence qu'elles (et en particulier les relations chimiques) pourraient avoir sur la mise en évidence des acteurs clés.

L'analyse des profils physico-chimiques a permis d'établir des relations entre différentes saisies d'héroïne en indiquant leur provenance d'un même lot. Toutefois, il n'est pas possible d'établir des relations directes entre les acteurs impliqués dans différentes saisies présentant un même profil. L'analyse de ces profils nous permet uniquement d'attribuer un caractère indirect à ces relations. Dans un réseau à un mode, il est seulement possible de matérialiser un type d'entité, l'acteur. On fait donc l'hypothèse qu'un autre acteur inconnu joue le rôle d'intermédiaire et présente des relations directes avec ces acteurs comme l'illustre l'exemple suivant (cf. figure 2) :

- A et B se font arrêter en possession d'héroïne (saisie 1), après analyse, la classe chimique de cette héroïne est hxxx, elle correspond à un spécimen provenant d'une autre saisie (saisie 2) où l'acteur C a été arrêté.
- On peut donc faire l'hypothèse que ces trois acteurs sont reliés indirectement par l'intermédiaire d'un acteur inconnu et ainsi représenter les relations de la façon suivante :



Sur la base du réseau ainsi construit, l'influence de ces relations, en particulier celle des liens chimiques, devient mesurable. Les deux principaux indicateurs issus des SNA à savoir la centralité de degré et d'intermédierité sont utilisés pour analyser ce que ces liens chimiques peuvent apporter. Pour ce faire, le réseau complet est décomposé en sous-réseaux, chacun n'intégrant qu'un seul type de relation. Par exemple, un sous-réseau ne contient que les relations familiales ou claniques

entretenues par les acteurs, un autre sous-réseau est constitué uniquement des acteurs reliés par des liens chimiques, etc. Il s'agit ensuite de reconstruire étape par étape le réseau complet et de mesurer les indicateurs de centralités à chaque étape pour évaluer comment chaque type de relation les fait évoluer. Comme la question fondamentale de cette recherche consiste à évaluer particulièrement l'apport des liens chimiques, il convient donc de mesurer les indicateurs avant d'intégrer ce type de liens puis après. Les différences constatées sont ensuite analysées.

Il est possible d'imaginer toutes les combinaisons des sous-réseaux pour définir cette séquence d'étapes. Nous avons choisi celle qui suit de plus près l'évolution de l'enquête. Dans cette affaire, de nombreuses enquêtes ont débuté par la recherche des relations claniques ou familiales d'une personne suspectée d'être impliquée dans ce trafic. Puis les contrôles téléphoniques sont ensuite mis en place afin de mettre en évidence les relations délictueuses ou non que peuvent entretenir les acteurs menant souvent à des arrestations et des saisies. Enfin, les relations entre les véhicules utilisés pour acheminer l'héroïne sont découvertes et exploitées. Les liens chimiques sont intégrés à chaque étape de cette séquence, et les indicateurs sont mesurés avant et après cette opération.

Ce processus est initialisé par un calcul des indicateurs SNA uniquement sur le sous-réseau des relations chimiques (noté S0). Ils sont ensuite comparés à ceux du réseau complet.

S1 consiste en la combinaison de sous-réseaux composée des relations familiales et claniques ainsi que des relations téléphoniques. S1c contiendra en plus les relations chimiques (cf. figure 3). On note ainsi S2 la combinaison de sous-réseaux composée des relations familiales, claniques, téléphoniques, délictueuses et non délictueuses et S2c lorsque les relations chimiques ont été intégrées à cette combinaison. Enfin, on considère la combinaison de toutes les relations précédentes notée S3 (relations familiales/claniques, téléphoniques, délictueuses/non délictueuses, véhicules) à laquelle on intègre les relations chimiques, ceci correspond au réseau complet qu'on note S3c.

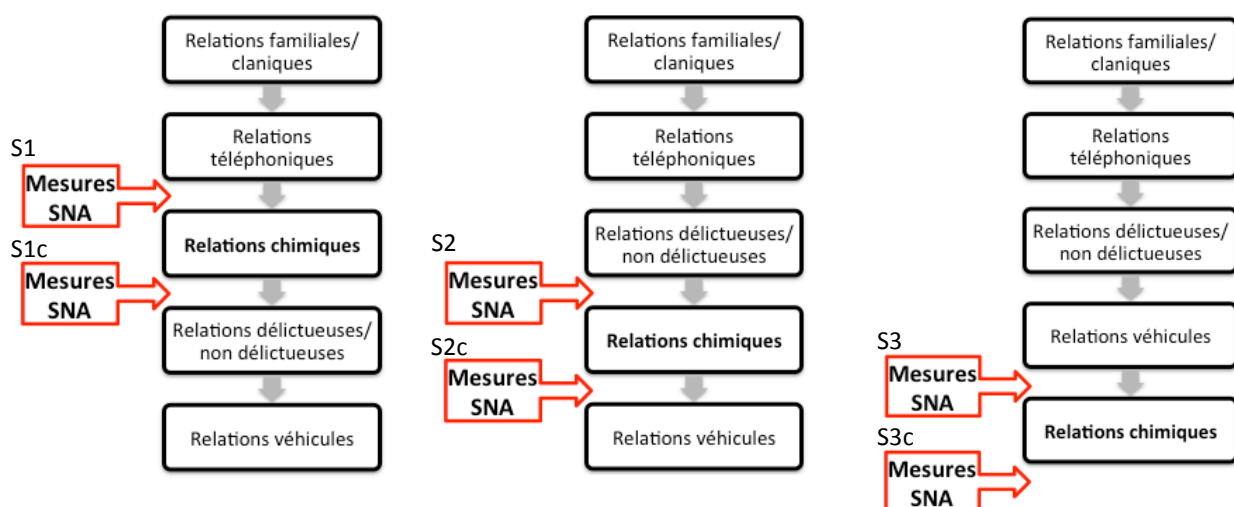


Figure 3 : illustration des combinaisons de sous-réseaux et des positions des mesures SNA

Résultats

Les premières mesures réalisées grâce aux SNA sont les mesures des propriétés structurelles de groupe comme la densité. La densité correspond au rapport entre le nombre de relations observées et le nombre de relations possibles. Les densités mesurées pour le réseau complet mais aussi pour les combinaisons de sous-réseaux sont faibles (de 1.3 à 1.7%), alors que le sous-réseau uniquement constitué des liens chimiques (S0) présente une densité d'un peu plus de 5% (cf. tableau 1). La densité traduit la cohésion qui règne au sein d'un réseau. Ainsi, de telles densités suggèrent qu'il n'y a qu'une faible cohésion dans ces réseaux et que de nombreux acteurs sont isolés et n'entretiennent que peu de relations avec les autres acteurs du réseau. La densité du sous-réseau des liens chimiques semble indiquer que les acteurs entretiennent davantage de relations mais comme la densité dépend de la taille du réseau, la comparaison des densités de réseaux de tailles différentes n'est que peu indicative (Scott, 2000). L'intégration de ces liens a parfois tendance à diminuer la densité du réseau (S1 – S1c), c'est ce qu'on observe généralement lorsqu'on ajoute des nœuds ou des acteurs à un réseau (Morselli, 2009).

	Densité (%)	Nombre d'acteurs (n)
S0	5.3	55
S1	1.7	188
S1c	1.5	230
S2	1.6	263
S2c	1.6	283
S3	1.3	345
S3c	1.3	364

Tableau 1: densités et nombre d'acteurs des différentes combinaisons de sous-réseaux

Ce sous-réseau S0 (cf. figure 4), constitué uniquement des acteurs reliés par des liens chimiques, ne comprend que 55 nœuds. Il est constitué de trois composés, un majeur et deux mineurs et présente une densité de 5.3%, ce qui indique que de nombreux acteurs ne présentent que peu de relations avec les autres acteurs. L'observation de ce sous-réseau ainsi que les mesures de centralité des principaux indicateurs (degré et intermédialité) nous montrent que la majorité des acteurs ne présentent que peu de relations alors que quelques acteurs seulement (155, 156, 158, 159, 307, etc.) en accumulent de nombreuses. Ces acteurs présentent également les centralités les plus élevées que ce soit en terme de degré ou d'intermédialité. Cette tendance où une faible proportion de nœuds est fortement connecté et où ils apparaissent comme des points de concentration (*hubs*) est caractéristique des réseaux dits sans dimension (*scale free*) (Barabási et Albert, 1999; Watts, 2003;

Xu et Chen, 2008; Kaza *et al.*, 2009). Certains acteurs qui présentent les plus fortes centralités de ce sous-réseau correspondent en fait à ces intermédiaires inconnus explicités auparavant (cf. figure 2), de ce fait ils ne sont présents que dans ce sous-réseau, ces intermédiaires inconnus correspondent aux acteurs compris entre les acteurs 134 et 204 ainsi qu'à l'acteur 307 (de couleur grise dans la figure 4).

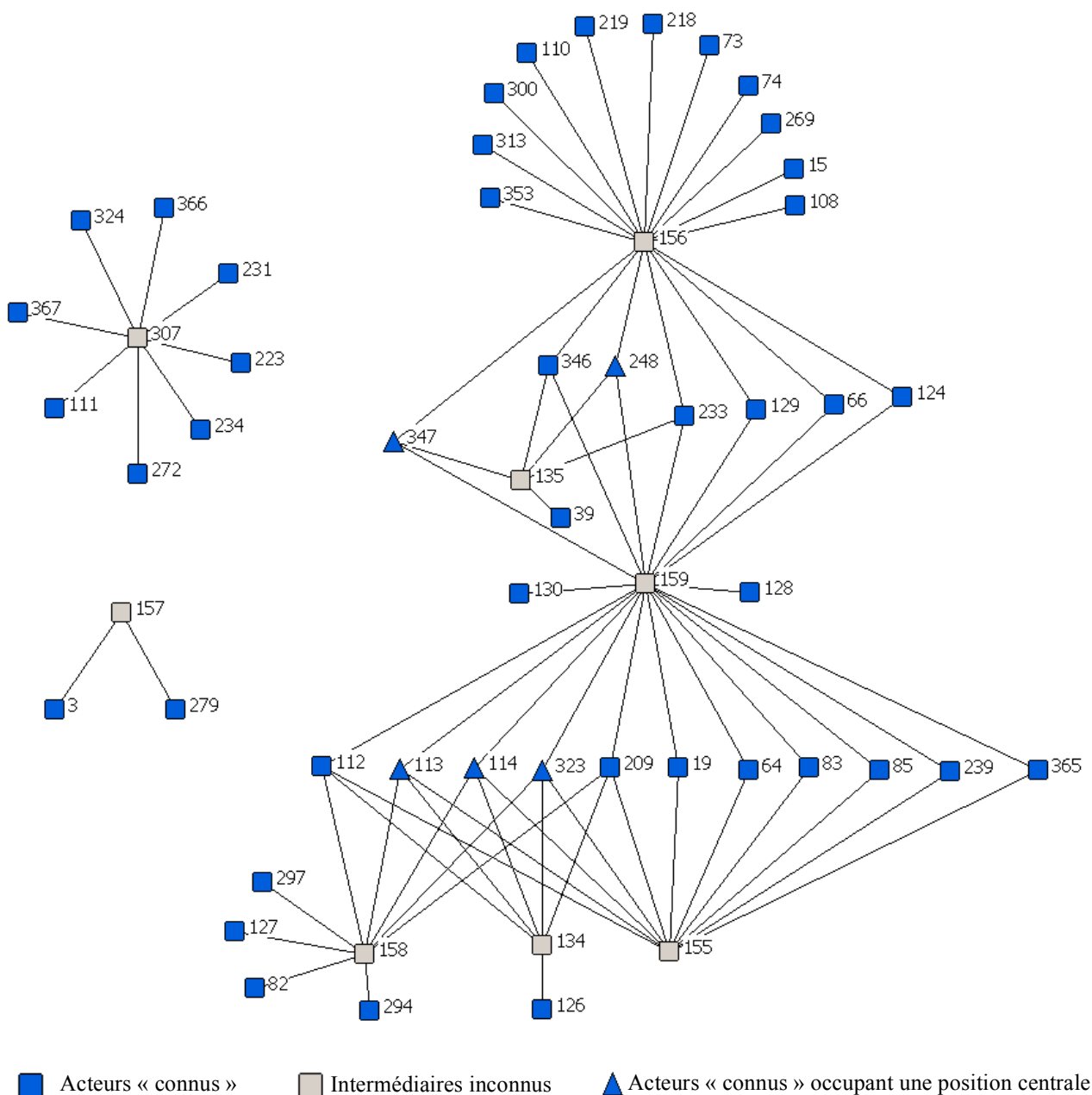


Figure 4 : sous-réseau (S0) représentant les acteurs uniquement reliés par des liens chimiques

Par ailleurs, les indicateurs de centralités permettent de considérer certains acteurs « connus » présents dans ce sous-réseau (de couleur bleue dans la figure 4), comme des acteurs clés qui occupent des positions centrales (cf. tableau 2). Ils se distinguent des autres essentiellement grâce à leur centralité d'intermédierité plus élevée et donc leurs positions avantageuses. De plus, en

comparant les centralités de ces acteurs clés mis en évidence dans ce sous-réseau avec leurs centralités dans le réseau complet (cf. tableau 2), on remarque que la plupart de ces acteurs occupent également des positions centrales comme pour les acteurs 113, 114, 248, 323 et 347 (de forme triangulaire dans la figure 4). Ainsi, certains acteurs clés du réseau complet sont déjà mis en évidence uniquement à partir du sous-réseau composé des liens chimiques (S0).

Acteurs	Sous-réseau S0 [n=55]		Réseau complet [n=364]	
	C _D (rang)	C _I (rang)	C _D (rang)	C _I (rang)
64	3.704 (10)	0.152 (11)	1.928 (13)	0.214 (129)
66	3.704 (10)	2.636 (9)	1.377 (15)	1.298 (61)
112	7.407 (8)	3.325 (5)	2.204 (12)	0.113 (151)
113	7.407 (8)	3.325 (5)	4.683 (4)	4.703 (13)
114	7.407 (8)	3.325 (5)	2.755 (10)	1.199 (64)
209	7.407 (8)	3.325 (5)	2.204 (12)	0.113 (151)
233	5.556 (9)	3.928 (4)	1.377 (15)	0.226 (126)
248	5.556 (9)	3.928 (4)	4.408 (4)	5.945 (7)
307	14.815 (5)	1.957 (10)	2.204 (12)	3.511 (20)
323	7.407 (8)	3.325 (5)	3.857 (6)	2.76 (28)
346	5.556 (9)	3.928 (4)	1.928 (13)	0.416 (109)
347	5.556 (9)	3.928 (4)	2.479 (11)	1.261 (62)
Moyenne	5.32	2.361	1.299	0.859
Centralisation	32.91	35.92	17.24	38.59

Tableau 2: comparaison des centralités de degré (C_D) et d'intermédiarité (C_I) d'acteurs dans le sous-réseau composés de liens chimiques (S0) et le réseau complet. (Toutes les valeurs sont exprimées en pourcentage)

Il s'agit maintenant de comparer les mesures de centralités des combinaisons de ces sous-réseaux avant et après l'intégration des liens chimiques. L'influence de l'intégration de ces liens se manifeste dans les différentes combinaisons de ces sous-réseaux par l'augmentation ou la diminution plus ou moins marquée des centralités de degré et d'intermédiarité de certains acteurs (cf. tableau 3).

Les résultats concernant l'intégration des liens chimiques pour les sous-réseaux S1/S1c et S2/S2c sont illustrés par les histogrammes des figures 5 et 6. L'intégration des liens chimiques tend à renforcer la centralité de degré de certains acteurs (113, 114, 248, 323 et 346) de manière systématique. Ces acteurs, déjà considérés comme des acteurs clés avant d'intégrer ces liens chimiques le sont d'autant plus après l'avoir fait même si leurs rangs n'évoluent guère. Par ailleurs, l'intégration de ces liens a tendance à diminuer systématiquement la centralité de degré des acteurs 328 et 329, considérés par les enquêteurs comme les deux dirigeants de ce réseau. Bien que leurs

centralités en soient diminuées, cela ne change en rien leurs rangs puisqu'ils présentent toujours les plus fortes valeurs. D'autres acteurs voient leurs centralités de degrés diminuées par l'intégration de ces liens, comme les acteurs 33, 60 et 319 mais encore une fois, leurs rangs dans le réseau ne sont que légèrement influencés. Autrement dit, ils ne peuvent pas vraiment être considérés comme moins centraux après avoir intégré ces liens. Quand aux autres acteurs, leurs centralités de degré ne sont que très légèrement influencées par l'intégration de ces liens.

L'intégration des liens chimiques tend également à renforcer la centralité d'intermédiation de certains acteurs de manière systématique. Les centralités d'intermédiation des acteurs 113, 248, 323 et 324 sont sensiblement renforcées par l'intégration de ces liens, ce qui permet de les considérer de manière plus centraux également de part l'évolution de leurs rangs. Par exemple, l'acteur 324, pas vraiment central en terme d'intermédiation (S1, S2) le devient clairement après avoir intégré les liens chimiques (S1c, S2c) (cf. figures 5 et 6). On observe le même phénomène pour les acteurs 113, 248 et 323 mais de manière moins marquée. Par ailleurs, l'intégration de ces liens a tendance à diminuer systématiquement la centralité d'intermédiation des acteurs 33, 260, 319, 328 et 329 sans toutefois avoir un impact important sur le rang qu'ils occupent. Quand aux autres acteurs, leurs centralités d'intermédiation ne sont que très légèrement influencées par l'intégration de ces liens.

Enfin, l'influence de l'intégration de ces liens est d'autant plus marquée pour une combinaison de sous-réseaux comme S1 (relations familiales/claniques et téléphoniques) mais plus la combinaison est composée de sous-réseaux (S2 puis S3) et plus cette influence s'atténue. On observe ce phénomène pour presque tous les acteurs et de manière plus marquée pour la centralité de degré par rapport à celle d'intermédiation.

	Sous-réseau S1 [n=198]		Sous-réseau S1c [n=230]		Sous-réseau S2 [n=263]		Sous-réseau S2c [n=283]		Sous-réseau S3 [n=345]		Sous-réseau S3c [n=364]	
Acteurs	C _D (rang)	C _I (rang)	C _D (rang)	C _I (rang)	C _D (rang)	C _I (rang)	C _D (rang)	C _I (rang)	C _D (rang)	C _I (rang)	C _D (rang)	C _I (rang)
33	5.076 (5)	8.737 (4)	4.367 (8)	5.52 (10)	5.344 (5)	6.208 (7)	4.965 (6)	5.869 (11)	4.07 (8)	5.034 (12)	3.857 (9)	4.857 (12)
60	2.538 (10)	1.173 (38)	2.183 (13)	0.718 (58)	5.344 (5)	14.643 (3)	4.965 (6)	13.969 (3)	4.07 (8)	7.853 (3)	3.857 (9)	7.336 (4)
85	3.046 (9)	3.065 (21)	3.493 (10)	4.022 (17)	4.198 (8)	3.972 (17)	4.61 (7)	4.403 (17)	3.488 (10)	3.364 (23)	3.857 (9)	3.754 (21)
113	2.538 (10)	3.294 (19)	3.93 (9)	4.589 (15)	3.817 (9)	1.994 (39)	4.965 (6)	3.677 (20)	3.779 (9)	3.323 (24)	4.683 (6)	4.703 (16)
114	2.03 (11)	2.502 (25)	3.493 (10)	1.823 (40)	2.29 (13)	1.442 (46)	3.546 (10)	1.522 (48)	1.744 (16)	1.12 (69)	2.755 (13)	1.199 (68)
248	2.03 (11)	2.931 (22)	3.057 (11)	4.887 (14)	4.198 (8)	5.425 (8)	4.965 (6)	6.766 (5)	3.779 (9)	4.464 (17)	4.408 (7)	5.945 (7)
260	1.015 (13)	3.294 (19)	0.873 (16)	0.984 (52)	6.87 (3)	7.558 (4)	6.383 (4)	6.539 (6)	6.977 (3)	6.511 (6)	6.612 (3)	5.84 (9)
279	1.015 (13)	0.48 (48)	1.31 (15)	2.056 (33)	1.527 (15)	3.709 (19)	1.773 (15)	3.66 (21)	1.163 (18)	3.422 (22)	1.377 (18)	2.92 (28)
308	2.538 (10)	2.419 (28)	2.183 (13)	3.012 (25)	3.053 (11)	5.09 (12)	2.837 (12)	4.204 (18)	2.616 (13)	4.828 (15)	2.479 (14)	3.975 (19)
319	5.076 (5)	5.622 (10)	4.367 (8)	3.624 (22)	5.344 (5)	5.367 (10)	4.965 (6)	4.65 (14)	4.651 (6)	7.413 (4)	4.408 (7)	6.681 (6)
323	3.553 (8)	0.065 (61)	4.803 (7)	5.852 (7)	3.817 (9)	1.675 (43)	4.965 (6)	3.408 (25)	2.907 (12)	1.323 (59)	3.857 (9)	2.76 (31)
324	5.076 (5)	1.859 (31)	4.803 (7)	7.377 (5)	4.962 (6)	3.029 (25)	4.965 (6)	8.176 (4)	5.523 (5)	5.942 (8)	5.51 (4)	9.489 (3)
328	15.228 (2)	34.954 (2)	13.1 (2)	22.575 (2)	16.031 (2)	28.226 (2)	14.894 (2)	24.75 (2)	13.372 (2)	23.789 (2)	12.672 (2)	21.209 (2)
329	19.797 (1)	35.711 (1)	17.031 (1)	30.688 (1)	21.374 (1)	45.459 (1)	19.858 (1)	42.238 (1)	19.477 (1)	40.594 (1)	18.457 (1)	37.96 (1)
346	1.523 (12)	0 (73)	2.62 (12)	1.162 (49)	1.527 (15)	0.058 (100)	2.482 (13)	0.387 (82)	1.163 (18)	0.047 (155)	1.928 (16)	0.416(115)
Moyenne	1.677	2.275	1.542	1.065	1.649	1.043	1.621	1.027	1.313	0.869	1.299	0.859
Centralisation	18.31	34.66	15.62	29.75	19.88	44.58	18.37	41.36	18.27	39.84	17.24	38.59

Tableau 3: centralités de degré (C_D) et d'intermédiarité (C_I) des principaux acteurs des sous-réseaux S1/S1C, S2/S2C et S3/S3C
(Toutes les valeurs sont exprimées en pourcentage excepté le rang indiqué entre parenthèses)

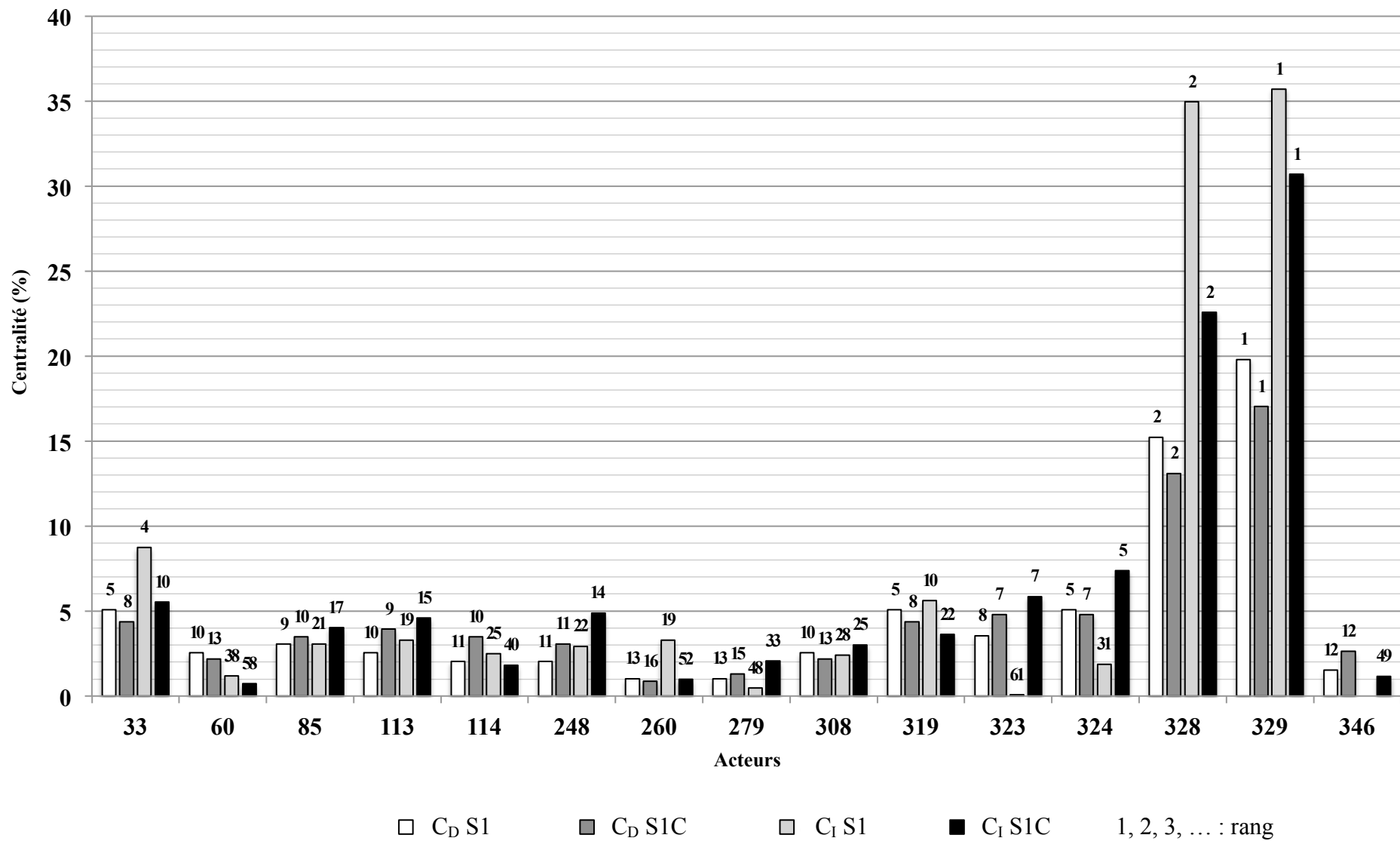


Figure 5: Histogramme représentant les centralités de degré (C_D) et d'intermédiation (C_I) des principaux acteurs des sous-réseaux S1/S1C (Les centralités sont exprimées en pourcentage et les rangs des acteurs sont disposés au dessus de chaque colonne)

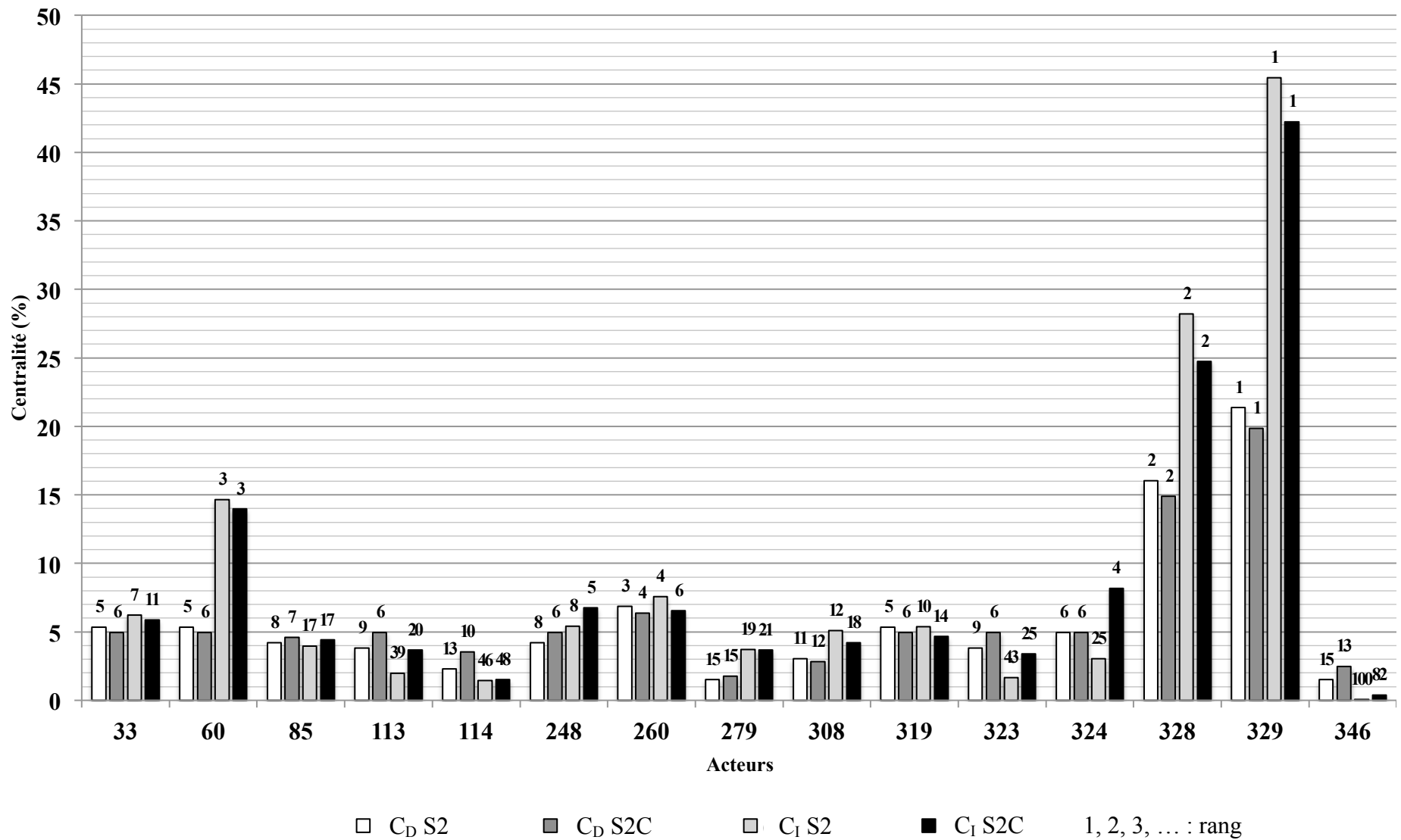


Figure 6: Histogramme représentant les centralités de degré (C_D) et d'intermédiation (C_I) des principaux acteurs des sous-réseaux S2/S2C (Les centralités sont exprimées en pourcentage et les rangs des acteurs sont disposés au dessus de chaque colonne)

Discussion

Comme les premières mesures concernant les propriétés structurelles de groupe l'ont montré, les densités des différents sous-réseaux sont relativement faibles. Ces faibles densités correspondent de manière générale à l'ordre de grandeur des densités (< 10%) auxquelles il faut s'attendre lorsqu'il s'agit de réseaux criminels ou d'activités illégales (McGloin, 2005; Morselli, 2009). La densité peut avoir d'importantes implications pour l'efficacité de la communication au sein du réseau. A cause du risque d'être détecté, la plupart des acteurs utilisent de courts chemins dans leurs relations qui sont d'ailleurs éparses dans le but de réduire ce risque (Xu et Chen, 2008). De telles densités correspondent ainsi aux caractéristiques des réseaux sans dimension évoqués auparavant. Le réseau complet tout comme les sous-réseaux comportent de nombreux individus faiblement connectés et isolés qui n'entretiennent que peu de relations avec les autres acteurs et quelques acteurs fortement connectés. Ceci leur confère ainsi davantage d'autonomie et une plus grande liberté pour changer de canal relationnel (Natarajan, 2006).

Concernant le sous-réseau (S0), uniquement constitué des relations chimiques, ces acteurs fortement connectés (155, 156, 158, 159, 307, etc.) jouent des rôles intermédiaires importants mais on ne dispose que de très peu d'informations à leurs sujets. En effet, comme il s'agit de ces intermédiaires inconnus présentés auparavant, ils n'apparaissent dans aucun autre sous-réseau en tant que tel.

Les autres acteurs clés mis en évidence dans ce sous-réseau S0 (113, 114, 248, 323 et 347) sont essentiellement des acteurs proches du produit stupéfiant puisqu'il s'agit de grossistes (113, 144 et 248) et de transporteurs (346 et 347), 323 étant la femme de 113. Ceci s'explique par le fait que ce sont des liens chimiques, basés sur la composition chimique de l'héroïne, qui permettent de relier ces acteurs. Par ailleurs, certains de ces acteurs clés mis en évidence dans ce sous-réseau occupent également des positions centrales dans le réseau complet, c'est notamment le cas des acteurs 113, 248 et 323 puis dans une moindre mesure 114. On peut donc dire que les liens chimiques sont cohérents avec les autres types de relations, et qu'ils tendent à mettre en évidence les positions centrales des acteurs clés.

L'influence de l'intégration de ces liens est plus marquée pour une combinaison de sous-réseaux composés seulement de quelques sous-réseaux (S1) que lorsqu'elles sont composés de davantage de sous-réseaux (S2 puis S3). Il semble cohérent que l'impact de l'intégration de ces liens soit plus importante sur une combinaison de sous-réseaux comportant moins d'acteurs et de relations que sur une combinaison de sous-réseaux en comportant davantage. De plus l'intégration d'autres sous-

réseaux entre S1 et S2 puis S3 renforce les positions de certains acteurs par l'ajout de nouvelles relations qu'il devient alors plus difficile d'influencer.

L'intégration des liens chimiques dans les combinaisons de sous-réseaux se manifeste de différentes manières sur les centralités des acteurs qui peut s'expliquer par le rôle qu'ils jouent dans ce réseau. Les centralités de l'acteur 113, grossiste et de sa femme (323) qui est également la sœur des dirigeants du réseau (328 et 329), ont augmenté après l'intégration de ces liens. L'importante quantité d'héroïne retrouvée à leur domicile (113 et 323) a permis d'établir de nombreux liens. La dimension relationnelle tant directe qu'indirecte qu'implique leur rôle peut expliquer les centralités qu'ils présentent. Il en est de même pour l'acteur 248 qui est aussi grossiste et qui a été arrêté en possession d'une importante quantité d'héroïne. Concernant la centralité de l'acteur 114, l'intégration de ces liens a permis de renforcer sa centralité de degré mais a diminué son intermédialité. Cet acteur (114) est le frère de 113 et joue également un rôle dans la revente d'héroïne, il est directement impliqué par le biais de son frère (113) mais d'après l'enquête, il semble jouer un rôle plus secondaire, ce qui pourrait expliquer cette plus faible intermédialité. L'acteur 346 a pour rôle de transporter l'héroïne en la dissimulant dans des véhicules spécialement préparés, il présente une forte centralité de degré qui peut s'expliquer par les contacts directs qu'il entretient avec ses destinataires et ses commanditaires. Son rôle de transporteur n'implique pas vraiment une dimension d'intermédialité, ce qui explique cette faible centralité. L'intégration de ces liens renforce les centralités de certains acteurs et permet ainsi de les considérer de manière plus centrale qu'ils ne l'étaient auparavant.

Par ailleurs, les centralités des acteurs 328 et 329, identifiés comme les dirigeants du réseau par les enquêteurs diminuent systématiquement après l'intégration des liens chimiques. C'est également le cas des acteurs 33 (lieutenant), 60 (grossiste), 260 (lieutenant) et 319 (lieutenant) qui ont des rôles très importants dans le réseau. Il est difficile d'expliquer les diminutions de ces centralités dues à l'influence de l'intégration de ces liens uniquement aux vues de ces résultats. Il est effectivement plus délicat d'interpréter l'influence d'une telle intégration sur les acteurs non présents dans le sous-réseau (S0). Pour ce faire, il s'agit de procéder à une analyse plus complète axée sur ces acteurs en particulier. De plus, l'influence de l'intégration de ces liens sur ces acteurs semble être plus faible et il peut donc être plus difficile de la mettre en évidence. Une solution pourrait être d'attribuer un poids plus élevé à ces relations chimiques afin de mieux apprécier leur influence sur ces acteurs. D'autant plus qu'il est envisageable de considérer ces relations chimiques comme plus indépendantes des hypothèses d'enquête que les autres types de relations. De manière générale, les autres relations dépendent plus directement des hypothèses d'enquêtes et des choix faits par les

enquêteurs telles que les personnes sur qui enquêter ou encore celles à placer sous contrôles téléphoniques. Les liens chimiques peuvent être considérés comme plus indépendants des enquêteurs puisque des saisies d'héroïne ont eu lieu dans différents pays souvent sans qu'ils en soient à l'origine. Par ailleurs, comme cela a déjà été montré (Morselli, 2009), l'analyse d'un réseau peut présenter des divergences parfois importantes avec la perception qu'en ont les enquêteurs. On peut donc faire l'hypothèse que ces liens chimiques dépendent moins des choix des enquêteurs, sont plus objectifs et qu'ils reflètent ainsi davantage la réalité plutôt qu'une perception de cette dernière.

Conclusion

Bien que le potentiel informatif du renseignement forensique soit de plus en plus reconnu et exploité, les indicateurs utilisés pour l'évaluer ne sont pas les mieux adaptés. Ceux empruntés à l'analyse des réseaux sociaux et exploités dans le cadre de ce travail ont mis en évidence le potentiel de cette approche. L'exploitation de la nature des relations qu'entretiennent les acteurs de ce réseau a permis d'intégrer ces liens chimiques afin d'évaluer l'apport de ce type de renseignements. L'intégration de ces liens a pour effet de modifier la structure du réseau, ce qui signifie qu'ils disposent d'un potentiel informatif capable d'influencer la perception du réseau. Ces liens sont cohérents avec les autres types de relations, et tendent à mettre en évidence les positions centrales de certains acteurs clés. De plus, leur intégration renforce les centralités d'acteurs spécifiques et permet ainsi de les considérer de manière plus centrale qu'ils ne l'étaient auparavant. Ces résultats laissent entrevoir des perspectives intéressantes notamment au travers de la pondération de ces relations afin d'évaluer de manière plus exhaustive l'apport du potentiel informatif de ce type de renseignement.

Remerciements

Nous tenons à remercier la police judiciaire fédérale qui nous a permis de pouvoir exploiter ces données et sans qui, cette recherche n'aurait pas pu être menée.

- Albert, R. et Barabási, A.-L.** Statistical mechanics of complex networks. *Reviews of Modern Physics* 2002: 74 (1): 47-97.
- Baechler, S., Fivaz, E., Ribaux, O. et Margot, P.** Le profilage forensique des fausses pièces d'identité: une méthode de renseignement prometteuse pour lutter contre la fraude documentaire. *Revue Internationale de Criminologie et de Police Technique et Scientifique* 2012a: LXIV (4): 467-480.
- Baechler, S., Ribaux, O. et Margot, P.** Toward a Novel Forensic Intelligence Model: Systematic Profiling of False Identity Documents (2012 Student Paper). *Forensic Science Policy & Management: An International Journal* 2012b: 3 (2): 70-84.
- Barabási, A.-L. et Albert, R.** Emergence of Scaling in Random Networks. *Science* 1999: 286 (5439): 509-512.
- Bavelas, A.** A Mathematical Model for Group Structures. *Applied Anthropology* 1948: 7 (3): 16-30.
- Been, F., Roggo, Y., Degardin, K., Esseiva, P. et Margot, P.** Profiling of counterfeit medicines by vibrational spectroscopy. *Forensic Science International* 2011: 211 (1): 83-100.
- Berlusconi, G.** Do all the pieces matter? Assessing the reliability of law enforcement data sources for the network analysis of wire taps. *Global Crime* 2012.
- Borgatti, S. P., Everett, M. G. et Freeman, L. C.** Ucinet 6 for Windows: Software for Social Network Analysis. *User's Guide*. Harvard, MA: Analytic Technologies. 2002.
- Bright, D., Hughes, C. et Chalmers, J.** Illuminating dark networks: a social network analysis of an Australian drug trafficking syndicate. *Crime, Law and Social Change* 2011a: 1-26.
- Bright, D. A. et Delaney, J. J.** Evolution of a drug trafficking network: Mapping changes in network structure and function across time. *Global Crime* 2013: 1-23.
- Bright, D. A., Greenhill, C. et Levenkova, N.** Dismantling criminal networks: can node attributes play a role? *Target outlet: Illicit Networks Conference 2011*, 2011b: 1-29
- Burri Sharani, B., Efionayi-Mäder, D., Hammer, S., Pecoraro, M., Soland, B., Tsaka, A. et Wyssmüller, C.** La population kosovare en Suisse. Berne, Confédération Suisse. Département fédéral de justice et police (DFPJ), Office Fédéral des Migrations (ODM), 2010: pp. 1-136.
- Burrows, J. et Tarling, R.** Measuring the impact of forensic science in detecting burglary and autocrime offences. *Science & Justice* 2004: 44 (4): 217-222.
- Camargo, J., Esseiva, P., González, F., Wist, J. et Patiny, L.** Monitoring of illicit pill distribution networks using an image collection exploration framework. *Forensic Science International* 2012: 223 (1): 298-305.
- Chassagne, P. et Kolè, G.** L'émergence de la criminalité organisée albanophone. *Cahiers d'Etudes sur la Méditerranée Orientale et le monde Turco-Iranien* 2001: (32): 1-20.
- Coles, N.** It's not what you know - It's who you know that counts: Analysing serious crime groups as social networks. *British Journal of Criminology* 2001: 41 (4): 580-594.

CP. Confédération Suisse RS 311.0 Code Pénal Suisse *Confédération Suisse, 1937*; from http://www.admin.ch/ch/f/rs/c311_0.html (consulté le 12.05.2013)

Drewer, D. et Ellermann, J. Europol's data protection framework as an asset in the fight against cybercrime. *ERA Forum, Journal of the Academy of European Law* 2012: 13 (13): 381-395.

Dujourdy, L., Barbati, G., Taroni, F., Guéniat, O., Esseiva, P., Anglada, F. et Margot, P. Evaluation of links in heroin seizures. *Forensic Science International* 2003: 131 (2-3): 171-183.

Dukagjini, L. Le Kanun de Lekë Dukagjini (traduit de l'albanais par Christian Gut). Peć, Dukagjini Publishing House, 2001.

Esseiva, P. Le profilage de l'héroïne et de la cocaïne: Mise en place d'une systématique permettant une utilisation opérationnelle des liens chimiques. *Thèse de doctorat*. Institut de Police Scientifique, Université de Lausanne.2004; pp. 1-274.

Esseiva, P., Dujourdy, L., Anglada, F., Taroni, F. et Margot, P. A methodology for illicit heroin seizures comparison in a drug intelligence perspective using large databases. *Forensic Science International* 2003: 132 (2): 139-152.

Esseiva, P., Ioset, S., Anglada, F., Gasté, L., Ribaux, O., Margot, P., Gallusser, A., Biedermann, A., Specht, Y. et Ottinger, E. Forensic drug Intelligence: An important tool in law enforcement. *Forensic Science International* 2007: 167 (2-3): 247-254.

EUROPOL. Europol Review 2009: General Report on Europol Activities. 2010; from https://www.europol.europa.eu/sites/default/files/publications/europolreview2009_0.pdf (consulté le 12.05.2013)

EUROPOL. General Report on Europol's activities 2010. *Council of The European Union, 2011*; from <http://www.statewatch.org/news/2011/may/eu-council-europol-general-report-10244-11.pdf> (consulté le 12.05.2013)

EUROPOL. Europol Review 2011: General Report on Europol Activities. 2012; from <https://www.europol.europa.eu/sites/default/files/publications/europolreview2011.pdf> (consulté le 12.05.2013)

EUROPOL. European Cybercrime Centre. <https://www.europol.europa.eu/ec3>, 2013; (consulté le 12.05.2013)

FMS. Sentinel Visualizer. *FMS Advanced Systems Group, 2012*; from <http://www.fmsasg.com/Products/SentinelVisualizer/> (consulté le 12.05.2013)

Freeman, L. C. Centrality in social networks conceptual clarification. *Social Networks* 1978: 1 (3): 215-239.

Giménez-Salinas Framis, A. Illegal Networks or Criminal Organizations: Power, roles and facilitators in four cocaine trafficking structures. Instituto de Ciencias Forenses y de la Seguridad - Universidad Autónoma de Madrid, 2011: pp 1-23.

Guéniat, O. et Esseiva, P. Le profilage de l'héroïne et de la cocaïne, une méthodologie moderne de lutte contre trafic illicite, Presses polytechniques et universitaires romandes, 2005.

Ianni, F. A. J. et Reuss-Ianni, E., Network Analysis (Chapitre 4). Dans: *Criminal Intelligence Analysis*. P. P. Jr Andrews et M. B. Peterson. Loomis, California.1990: 67-85.

IBM. i2 Analyst's Notebook 8 (8.7.5). 2011; from <http://www-03.ibm.com/software/products/us/en/analysts-notebook/> (consulté le 12.05.2013)

Ioset, S., Esseiva, P., Ribaux, O., Weyermann, C., Anglada, F., Locicero, S., Hayoz, P., Baer, I., Gasté, L., Terrettaz-Zufferey, A. L., Delaporte, C. et Margot, P. Establishment of an operational system for drug profiling: A Swiss experience. *Bulletin on Narcotics* 2007: 57 (1-2): 121-147.

Kaza, S., Xu, J., Marshall, B. et Chen, H. Topological Analysis of Criminal Activity Networks: Enhancing Transportation Security. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* 2009: 10 (1): 83-91.

Koschade, S. A Social Network Analysis of Jemaah Islamiyah: The Applications to Counterterrorism and Intelligence. *Studies in Conflict & Terrorism* 2006: 29 (6): 559 - 575.

Krebs, V. Mapping Networks of Terrorist Cells. *Connections* 2001: 24 (3): 43-52.

Lemieux, V. et Ouimet, M. L'analyse structurale des réseaux sociaux, De Boeck Supérieur, 2004.

Mainas, E. D. The Analysis of Criminal and Terrorist Organisations as Social Network Structures. *Master Thesis*. MSc Police Science and Management Degree, Intitute of Criminal Studies, Univeristy of Portsmouth.2009; pp. 1-106.

Malm, A., Bichler, G. et Van De Walle, S. Comparing the ties that bind criminal networks: Is blood thicker than water. *Security Journal* 2010: 23 (1): 52-74.

Malm, A. E. Marijuana Cultivation in British Columbia: Using Spatial and Social Network Analysis Techniques to Inform Evidence-Based Policy and Planning. *PhD*. School Of Criminology, Simon Fraser University.2006; pp. 1-202.

Malm, A. E. et Bichler, G. Networks of collaborating criminals: Assessing the structural vulnerability of drug markets. *Journal of Research in Crime and Delinquency* 2011: 48 (2): 271-297.

Malm, A. E., Kinney, J. B. et Pollard, N. R. Social Network and Distance Correlates of Criminal Associates Involved in Illicit Drug Production. *Security Journal* 2008: 21 (1-2): 77-94.

McAndrew, D., The Structural Analysis of Criminal Networks (Chapitre 3). Dans: *The Social Psychology of Crime, groups, teams and networks*. Edited by David Canter and Laurence Alison. The University of Liverpool, Ashgate.2000: 53-94.

McGloin, J. M. Policy and Intervention Considerations of a Network Analysis of Street Gangs. *Criminology & Public Policy* 2005: 4 (3): 607-635.

- McGloin, J. M. et Kirk, D. S.** An Overview of Social Network Analysis. *Journal of Criminal Justice Education* 2010: 21 (2): 169 - 181.
- Morselli, C.** Inside criminal networks, Springer Science+Business Media, 2009.
- Morselli, C., Giguère, C. et Petit, K.** The efficiency/security trade-off in criminal networks. *Social Networks* 2007: 29 (1): 143-153.
- Morselli, C. et Petit, K.** Law-enforcement disruption of a drug importation network. *Global Crime* 2007: 8 (2): 109-130.
- Morselli, C. et Roy, J.** Brokerage Qualifications In Ringing Operations. *Criminology* 2008: 46 (1): 71-98.
- Natarajan, M.,** Understanding the Structure of a Drug Trafficking Organization: A Conversational Analysis (Chapitre 12). Dans: *Illegal Drug Markets: From Research to Prevention Policy*. Ronald V. Clarke Series Editor.2000: 11: 273-298.
- Natarajan, M.** Understanding the Structure of a Large Heroin Distribution Network: A Quantitative Analysis of Qualitative Data. *Journal of Quantitative Criminology* 2006: 22 (2): 171-192.
- NCIS.** National Intelligence Model. *National Criminal Intelligence Service*, 2000.
- Newman, M. E. J.** The Structure and Function of Complex Networks. *SIAM Review* 2003: 45 (2): 167-256.
- Nieminen, J.** On the centrality in a graph. *Scandinavian Journal of Psychology* 1974: 15 (1): 332-336.
- ONUDD.** World Drug Report. Vienne, United Nations Office on Drugs and Crime, 2011: pp. 1-272.
- Pajot, P. et Barthélémy, M.** Dossier: Les systèmes complexes. *La Recherche* 2012: 464 (mai): 36-51.
- R. R Development Core Team** R: A Language and Environment for Statistical Computing. *R Foundation for Statistical Computing*, 2011; from <http://www.R-project.org> (consulté le 12.05.2013)
- Raufe, X. et Quéré, S.** La mafia albanaise, une menace pour l'Europe: comment est née cette superpuissance criminelle balkanique ?, Favre, 2000.
- Ribaux, O., Baylon, A., Roux, C., Delémont, O., Lock, E., Zingg, C. et Margot, P.** Intelligence-led crime scene processing. Part I: Forensic intelligence. *Forensic Science International* 2010: 195 (1-3): 10-16.
- Ribaux, O. et Margot, P.,** La trace matérielle, vecteur d'information au service du renseignement (Chapitre 21). Dans: M. Cusson, B. Dupont et F. Lemieux (Eds.) *Traité de sécurité intérieure*. Hurtubise Hmh Montréal Et Ppur Lausanne.2008: 300-320.

- Rodríguez, J. A.** The March 11 th Terrorist Network: In its weakness lies its strength 2005; from <http://www.ub.es/epp/wp/11m.PDF> (consulté le 12.05.2013)
- Rossy, Q.** Méthodes de visualisation en analyse criminelle: approche générale de conception des schémas relationnels et développement d'un catalogue de patterns. *Thèse de Doctorat.* Ecole des Sciences Criminelles, Université de Lausanne.2011; pp. 1-317.
- Rossy, Q., Ioset, S., Dessimoz, D. et Ribaux, O.** Integrating forensic information in a crime intelligence database. *Forensic Science International* 2012.
- Rozenblatt-Rosen, O., Deo, R. C., Padi, M., Adelman, G., Calderwood, M. A., Rolland, T., Grace, M., Dricot, A., Askenazi, M., Tavares, M., Pevzner, S. J., Abderazzaq, F., Byrdsong, D., Carvunis, A. R., Chen, A. A., Cheng, J., Correll, M., Duarte, M., Fan, C., Feltkamp, M. C., Ficarro, S. B., Franchi, R., Garg, B. K., Gulbahce, N., Hao, T., Holthaus, A. M., James, R., Korkhin, A., Litovchick, L., Mar, J. C., Pak, T. R., Rabello, S., Rubio, R., Shen, Y., Singh, S., Spangle, J. M., Tasan, M., Wanamaker, S., Webber, J. T., Roecklein-Canfield, J., Johannsen, E., Barabási, A. L., Beroukhim, R., Kieff, E., Cusick, M. E., Hill, D. E., Mángler, K., Marto, J. A., Quackenbush, J., Roth, F. P., Decaprio, J. A. et Vidal, M.** Interpreting cancer genomes using systematic host network perturbations by tumour virus proteins. *Nature* 2012: 487 (7408): 491-495.
- Scott, J.** Social Network Analysis: A Handbook, SAGE Publications, 2000.
- Sparrow, M. K.** The application of network analysis to criminal intelligence: An assessment of the prospects. *Social Networks* 1991a: 13 (3): 251-274.
- Sparrow, M. K.** Network Vulnerabilities and Strategic Intelligence in Law Enforcement. *International Journal of Intelligence and Counterintelligence* 1991b: 5 (3): 254-272.
- van der Hulst, R. C.** Introduction to Social Network Analysis (SNA) as an investigative tool. *Trends in Organized Crime* 2009: 12 (2): 101-121.
- Wasserman, S. et Faust, K.** Social network analysis : methods and applications. Cambridge; New York, Cambridge University Press, 1994.
- Watts, D. J.** Small worlds: the dynamics of networks between order and randomness, Princeton University Press, 2003.
- Watts, D. J. et Strogatz, S. H.** Collective dynamics of 'small-world' networks. *Nature* 1998: 393 (6684): 440-442.
- Xu, J. et Chen, H.** Untangling Criminal Networks: A Case Study. *Proceedings of NSF/NIJ Symposium on Intelligence and Security Informatics (ISI'03)*. 2003: LNCS 2665: 232-248.
- Xu, J. et Chen, H.** CrimeNet Explorer: A Framework for Criminal Network Knowledge Discovery. *ACM Transactions on Information Systems* 2005: 23 (2): 201-226.
- Xu, J. et Chen, H.** The Topology of Dark Networks. *Communications of the ACM* 2008: 51 (10): 58-65.

Xu, J., Chen, H., Moore, R., Zeng, D. D., Leavitt, J., Marshall, B. et Kaza, S., Analyzing and Visualizing Criminal Network Dynamics: A Case Study. Dans: *Intelligence and Security Informatics*, Springer Berlin / Heidelberg. 2004: 359-377.