



UNIL | Université de Lausanne

IDHEAP

Institut de hautes études
en administration publique

Antoine ORSINI

**Étude de la politique genevoise en matière
d'énergie solaire**

Working paper de l'IDHEAP 4/2024
Unité Politiques Publiques et Durabilité



UNIL | Université de Lausanne

Institut de hautes études
en administration publique

Master of Advanced Studies (MAS) en administration publique (MPA) Mémoire

ÉTUDE DE LA POLITIQUE GENEVOISE EN MATIÈRE D'ÉNERGIE SOLAIRE.

Auteur : Antoine Orsini

Jury : rapporteur : Prof. Stéphane Nahrath
co-rapporteur : Prof. Pirmin Bundi
Expert externe : M. Tom Kunkler

Le 4 décembre 2023

Table des matières

Résumé.....	1
1. Introduction	2
2. État de l'art	3
3. Cadre d'analyse	5
4. Méthodes utilisées	8
5. Le besoin d'une production photovoltaïque en Suisse	10
6. La technologie photovoltaïque.....	13
7. Analyse de de la politique publique.....	18
7.1 Le problème public à résoudre	18
7.2 L'hypothèse causale.....	19
7.3 L'hypothèse d'intervention	19
7.4 Les acteurs intervenants dans le développement du photovoltaïque genevois	20
7.5 Le programme politico-administratif	25
7.6 L'arrangement politico-administratif	38
7.7 Les plans d'action	40
7.8 Les actes de mise en œuvre (outputs)	42
8. Évaluation de la politique publique	48
Analyse du PPA.....	48
Analyse de l'APA	52
Cohérence de la politique	54
9. Outcomes et effectivité de la politique publique	56
La RU fédérale	56
La subvention cantonale genevoise	59
Les subventions communales.....	60
10. Impact et efficacité de la politique solaire genevoise	63
10.1 La topologie du bâti.....	63
10.2 Objectifs globaux de production photovoltaïque dans le Canton de Genève.....	66
10.3 La réalité de la production photovoltaïque genevoise	67
11. Recommandations	70
12. Conclusions.....	73
Bibliographie :	72

Résumé

Notre étude se propose d'analyser la politique en faveur du développement photovoltaïque dans un canton fortement urbanisé et constitué de biens de rendement locatif comme peut l'être le canton de Genève. La Suisse souhaite abandonner le nucléaire et décarboner ses sources énergétiques. Pour ce faire, la stratégie énergétique 2050 vise notamment un recours massif à l'énergie solaire en Suisse. Pour répondre aux besoins nationaux, notamment en hiver, une telle technologie devra reposer sur une part de production réalisée sur le bâti existant. La confédération a retenu une politique publique incitative pour le bâti existant avec un outil de subventionnement devant améliorer la rentabilité de telles centrales solaires pour les propriétaires et les convaincre de s'équiper. Par ailleurs, chaque propriétaire qui s'équipe devrait idéalement exploiter de manière optimale ses surfaces présentant une efficacité solaire suffisante. Ce faisant, il serait attendu de ces propriétaires qu'ils pourvoient à leur besoin d'autoconsommation, mais aussi injectent du courant non consommé dans le réseau devant bénéficier au reste des consommateurs. À cette fin, le courant réinjecté est racheté par les opérateurs de réseau et ainsi valorisable économiquement par les propriétaires.

Même si les objectifs de déploiement auront pu être atteints jusqu'en 2023 dans le canton de Genève, il n'est pas certain que le modèle d'intervention actuel permette d'atteindre les objectifs fixés pour 2030. En effet, la subvention fédérale n'a eu une influence sur la décision de s'équiper que pour la moitié des propriétaires, l'autre moitié ayant profité d'un effet d'aubaine. Par ailleurs, il apparaît que les outils d'intervention actuels ne permettent pas une assez forte incitation des propriétaires à couvrir leurs surfaces au-delà de leurs seuls besoins d'autoconsommation. Même les interventions sous forme de subventions offertes par le canton de Genève et certaines communes ne semblent pas améliorer ce constat. Le manque de coordination entre les différents échelons fédéral, cantonal et communal intervenant dans cette politique sur de même projets conduit parfois à une aggravation des défauts allocatifs qu'ils amplifient. Ni le canton de Genève, ni les communes n'appliquent de critères ou de priorité à l'obtention de subvention autre que ceux de la confédération. Cette politique du « premier arrivé, premier servi » ne permet donc pas une allocation favorisant les projets énergétiquement efficaces en regard des autres.

Les immeubles du canton de Genève sont les grands oubliés de la politique publique actuelle, accusant un « retard » d'équipement photovoltaïque en comparaison des autres catégories de bâti. Le manque d'une autoconsommation suffisante est vraisemblablement à l'origine de cette situation. La complexité des mécanismes de mise à disposition du courant produit dans un immeuble genevois pour ses locataires ou ses copropriétaires limite dans les faits la part d'autoconsommation offerte sur ce type de bâti. Or, les évaluations fédérales en la matière montrent que l'autoconsommation constitue le premier incitatif pour les propriétaires avant les subventions ou le rachat du courant réinjecté. Cet effet est d'autant plus prédominant pour les centrales de plus forte puissance. Dès lors, dans un canton comme celui de Genève, un modèle tenant compte de ces difficultés spécifiques devrait être développé afin de favoriser prioritairement la réinjection par les propriétaires. Ce faisant, l'équipement des immeubles serait rendu plus rentable (faute d'autoconsommation suffisante) et les propriétaires genevois équiperaient plus volontiers leurs surfaces à des fins de réinjection.

1. Introduction

L'urgence climatique a mis à l'agenda politique la nécessité de sortir des énergies fossiles (interdiction des chauffages fossiles par exemple) et de développer massivement la production issue des énergies renouvelables au premier rang desquelles le photovoltaïque. La politique suisse en matière d'encouragement à la production d'électricité photovoltaïque date de 2009. Depuis cette époque, elle a été revue et adaptée à l'objectif de la Confédération en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Parmi tous les lieux qui pourraient accueillir des centrales solaires en Suisse (hors zones à bâtir alpines ou de plaines, zones à bâtir encore à réaliser, et zones déjà bâties), ce travail se propose d'étudier spécifiquement leur développement dans les zones déjà bâties avec une urbanisation dense existante. En effet, bien que certains éléments touchant aux nouvelles constructions puissent être abordés, ce sont surtout les enjeux de la politique publique touchant au développement photovoltaïque sur un bâti existant qui feront l'objet de cette étude. À ce titre, le canton de Genève servira de laboratoire modèle d'un tel type de région. Elle est déjà fortement et densément urbanisée et offre peu d'opportunités de nouvelles constructions. Son exigüité territoriale ainsi que le manque de nouvelles surfaces constructibles disponibles du fait de la protection d'une partie de son bâti existant, de sa zone agricole et de nature par des mesures d'assolement obligent à y développer la production photovoltaïque sur son bâti existant. Les conclusions de cette étude pourront dès lors offrir des pistes pour l'étude d'autres régions présentant de mêmes caractéristiques et contraintes en Suisse. L'outil d'intervention principalement retenu en vue d'inciter à la création de centrales solaires en Suisse sur le bâti existant est le subventionnement. Le caractère « d'urgence » et parfois le peu de recul sur ces technologies et de connaissance de ce domaine en rapide évolution expliquent certainement le manque de précision à prévoir ce que pouvait être son potentiel. C'est ainsi que le premier modèle de subventionnement imaginé (la RPC) a été très rapidement victime de son succès, dès son lancement en 2009, forçant les pouvoirs publics à en limiter l'accès, puis à l'abandonner faute de ressources financières suffisantes. Les objectifs de cette politique ont eux aussi dû être revus. En 2009, l'objectif de la Confédération était que la production électrique solaire devait représenter 5% du mix électrique global à l'horizon 2030¹. Aujourd'hui cette ambition a été largement revue à la hausse avec un objectif de 20% en 2035. Cela montre à quel point les pouvoirs publics ont sous-estimé l'importance du solaire au départ et ont peut-être choisi des instruments d'intervention avant de bien connaître son contexte. Aujourd'hui, l'intervention principale retenue est une incitation financière offerte aux propriétaires qui équipent leurs biens d'installations photovoltaïques. Cette prime unique à l'investissement doit permettre une meilleure rentabilité de ce type de ces dispositifs. Le but est de favoriser l'équipement de leurs surfaces en vue de couvrir leurs propres besoins, mais aussi de produire une énergie supplémentaire à leurs besoins qu'ils réinjecteraient dans le réseau électrique afin d'augmenter l'offre disponible pour les autres usagers. À cette fin, une seconde partie de l'intervention prévoit l'obligation de rachat par les entreprises cantonales d'électricité du courant non consommé injecté dans le réseau par ces propriétaires. Dès lors, il est intéressant de s'interroger dans quelle mesure la politique actuelle de subventionnement permet ou non d'atteindre l'objectif de production photovoltaïque dans le canton de Genève et à quelles conditions. À cette fin, nous proposons de répondre aux questions descriptives suivantes :

¹ Le solaire victime de son succès, Le Temps, 2009

- Quels sont les besoins photovoltaïques en Suisse et pourquoi ?
- Comment est organisée la politique publique en matière de solaire photovoltaïque sur le bâti existant à l'échelle fédérale et dans le canton de Genève plus spécifiquement ?
- À quel point est-elle cohérente et coordonnée verticalement comme horizontalement ?

Nous répondrons aussi aux questions évaluatives suivantes :

- Les effets attendus de l'intervention publique sur les propriétaires correspondent-ils à ceux observés ?
- Les objectifs de production photovoltaïque du Canton de Genève sont-ils atteints ?

Enfin, nous traiterons les questions à orientations causales suivantes :

- Les outils d'interventions retenus par la politique publique actuelle peuvent-ils expliquer une allocation sous-optimale des subventions dans le canton de Genève ?
- L'intervention de communes genevoises permet-elle une meilleure allocation ?

2. État de l'art

Une présentation de l'EPFL (CSEM) datant de 2022² montre qu'un potentiel solaire suffisant existe en toitures et en façades en Suisse pour répondre aux objectifs 2050 fixés par la Confédération, mais le rythme annuel de nouvelles installations devrait être doublé afin d'atteindre ce but.

L'étude « Avenir énergétique 2050 » de l'association des entreprises électriques suisses³ en 2022 dresse différents scénarios. Dans le plus optimiste d'entre eux, le rythme d'installation du photovoltaïque en Suisse des deux années précédentes est estimé juste suffisant pour atteindre l'objectif fixé en 2040. Dans le scénario le moins favorable, le manque pourrait être de 20%. Ces récentes recherches pointent le manque d'incitatifs pour réellement atteindre les objectifs de production souhaités.

Une étude de l'EPFZ publiée en 2023⁴ montre que la fragmentation élevée de la politique suisse en matière solaire domestique entre les échelons fédéral, cantonal et communal conduit à une allocation parfois inefficace du capital. À la suite d'une analyse de cette fragmentation géographique via les règles de construction, les pratiques des gestionnaires de réseaux, les subventions ou le traitement fiscal des installations photovoltaïques, ses auteurs concluent que la structure fédéraliste met fortement l'accent sur la coordination informelle et l'autonomie cantonale ce qui va plutôt de pair avec des standards minimaux peu ambitieux. Par exemple l'électricité injectée par les propriétaires était rachetée entre 5 et 22 centimes par kWh, quand le prix de l'électricité achetée aux entreprises électriques par les consommateurs finaux variait entre 12 et 34 centimes par kWh selon les régions. Pour eux, la rentabilité financière de ces installations est l'élément décisif pour l'équipement des ménages. Les trop

² Photovoltaics - Présentation du 29 juin 2022 durant la visite Swissgrid, Christophe Ballif, 2022

³ Rapport de l'étude «Avenir énergétique 2050», Association des entreprises électriques suisses AES, 2022

⁴ Quantifying the degree of fragmentation of policies targeting household solar PV in Switzerland, Schmidt Tobias, et al., 2023

grandes disparités des subventions entre régions requièrent une plus grande harmonisation des outils de cette politique notamment par les cantons et communes afin de créer des incitations plus fortes et d'arriver à des objectifs plus ambitieux.

Une enquête de l'UNIGE a été menée sur mandat des services industriels genevois en 2021⁵ auprès de 2'000 propriétaires genevois de villas sur leurs préférences en matière d'équipement photovoltaïque de leur bien. Il en ressort que 40% des personnes non encore équipées se disaient désireuses de l'être dans un délai de trois ans. Les trois arguments les plus incitatifs à cet équipement étaient de réduire l'impact environnemental, de diminuer les coûts à long terme liés à la consommation énergétique et d'accroître l'indépendance en matière d'approvisionnement. Ce dernier argument faisait aussi écho à une proportion de 32% d'entre eux, préférant produire de l'énergie solaire correspondant seulement à leurs besoins annuels. Seuls 15% des répondants prévoyaient d'utiliser la totalité de leur surface de toiture disponible. Le plus important frein à l'équipement semblait être le coût financier et la rentabilité de l'installation. Cette enquête a aussi montré un déficit de confiance d'une partie des propriétaires face à ces technologies et leurs rentabilités financières ou leurs avantages environnementaux encore mal connus pour lesquels les informations fiables étaient difficiles à obtenir.

Un rapport de 2023 du WWF⁶ relate les résultats d'une initiative de concertation et d'accompagnement gratuits de propriétaires genevois afin d'équiper leurs biens en photovoltaïque. Ce rapport constate un niveau de production solaire encore trop éloigné des objectifs fixés. Incluant des propriétaires de petits logements individuels, comme des régies regroupant des centaines d'immeubles, cette démarche a concerné plus de cent biens immobiliers présentant des surfaces de toitures comprises entre 100 et 500 m². Chacun de ces bâtiments a fait l'objet d'une évaluation objective de ses composantes technico-économiques solaires : les consommations annuelles, les puissances photovoltaïques installables et leurs productions annuelles, les indicateurs financiers (coût d'investissement, frais d'exploitation, subventions, et retour sur l'investissement), ainsi que les contraintes légales en lien avec leurs réalisations (protection du patrimoine, indice de dépense de chaleur). Ses auteurs montrent que dans la plupart des cas, le recours à une pompe à chaleur (PAC) augmente souvent de 40% le besoin propre des bâtiments en énergie photovoltaïque autoconsommée, rendant l'opération financièrement d'autant plus attractive avec une durée avant retour sur l'investissement réduite de 10 à 20%. Cela équivaut à une période moyenne d'environ 6,5 ans ramenée à 5,8 ans avec une PAC. Ayant aussi investigué les possibilités d'équipement des façades en solaire, les coûts de ces installations ont semblé dissuasifs pour certains propriétaires, même si rentable à long terme. Cette démarche semble avoir servi de déclencheur pour certains propriétaires impliqués. Toutefois ces derniers semblent estimer que la réalisation d'un tel travail d'analyse, s'il devait être payant, serait déjà un obstacle. Les propriétaires regrettent la multiplicité des démarches administratives et des incertitudes qui réduisent la prévisibilité de l'arbitrage entre différentes politiques publiques par le Canton. Ils constatent par ailleurs que la législation genevoise ne favorise pas l'équipement complet des toitures. Ce rapport pointe ainsi le besoin pour les grands propriétaires d'être mieux armés en interne et mieux accompagnés face à la complexité de ces projets (autoconsommation,

⁵ Préférences pour les technologies liées aux énergies renouvelables, Maria Lagomarsino, et al., 2021

⁶ GENÈVOLAÏQUE - Accélération du solaire photovoltaïque pour atteindre 350GWh en 2030 à Genève, WWF, 2023

revente du courant, droit du bail, état des toitures, rénovation, conflits d'usage des toitures, patrimoine). Ils ont besoin d'être convaincus de la neutralité de cette expertise et de la qualité des prestataires finaux. Le peu de connaissances des régies et leur manque d'expérience propre de ce type de projet constituent un frein en plus de certaines mauvaises expériences qui renforcent leur méfiance envers certains acteurs de la filière. Ces grands propriétaires manquent de visibilité globale au niveau de leur parc immobilier dans leur ensemble plutôt que par objet. Par ailleurs, afin de maximiser la rentabilité de ces installations, la mise en commun de consommateurs proches au travers d'une communauté d'autoconsommation est encore une démarche mal connue et qui semble trop complexe à administrer pour les régies. Même si le cadastre solaire mis en place par le Canton montre souvent que l'optimum économique de chaque bâtiment se rapproche de l'équipement complet de sa toiture, des freins existent encore. Les conditions de l'injection manquant de visibilité à moyen et long terme (les prix de rachat étant trop imprévisibles) et les délais et montants des aides financières à l'investissement étant trop incertains, ces propriétaires semblent privilégier encore des installations partielles de leurs toits couvrant leurs seuls besoins minimaux d'autoconsommation et repoussent encore ces démarches qu'ils appréhendent mal. Pour finir, ce rapport établit que le faible développement du réseau d'action publique en matière photovoltaïque à Genève ne devrait pas permettre d'atteindre ses objectifs de massification, malgré les incitations existantes, sans nouvelles actions en faveur d'une meilleure connaissance par un accompagnement renforcé des propriétaires.

Dans ce contexte, ce travail vise à mesurer les premières tendances des résultats de cette politique et de les confronter à l'atteinte des ambitions annoncées par ce canton en la matière. Les spécificités genevoises pouvant expliquer ces résultats seront alors discutées.

3. Cadre d'analyse

Ce travail se propose d'étudier la politique publique en matière de photovoltaïque dans le canton de Genève. Il ne constitue pas à proprement parler une évaluation de cette politique. En effet, en plus d'un objectif de jugement s'appuyant sur des principes scientifiques objectifs et transparents que le présent travail se propose de porter, une évaluation au sens de Widmer & De Rocchi 2012⁷ supposerait une prestation de service destinée à évaluer un sujet commandé par une organisation mandante. Par ailleurs, l'impératif de démonstration des liens de causalité intrinsèque à toute évaluation en politique publique⁸ ne sera pas possible dans la présente démarche en l'absence de l'accès ouvert aux données internes de l'administration qu'aurait un évaluateur interne ou externe mandaté.

Comme nous l'expliquerons dans la suite de ce document, la politique en matière d'incitation à l'installation de panneaux photovoltaïque qui existe depuis 2009 a connu de nombreuses évolutions ces dernières années (les plus récentes en 2023 encore). Dès lors, notre travail consistera en une analyse in itinere avec des observations sur l'évolution des effets de cette politique dans le temps. Dans ce contexte, il n'est pas possible d'exclure d'éventuels retards

⁷ Evaluation: Grundlagen, Ansätze und Anwendungen, Thomas Widmer and Thomas De Rocchi, 2012

⁸ Comprendre et concevoir l'administration publique Le modèle IDHEAP, Nils Soguel, et al., 2023

dans le déploiement des effets mesurables des dernières évolutions de la politique publique dans cette période transitoire.

Notre étude s'appuiera sur le modèle d'analyse des politiques publiques développé par Peter Knoepfel, Corinne Larrue et Frédérique Varone dans leur ouvrage « Analyse et pilotage des politiques publiques »⁹. Ce modèle vise à décrire, comprendre et expliquer le fonctionnement du système politico-administratif et ses interactions avec le secteur privé. Pour ce faire, ce modèle prévoit l'analyse du « problème public » à régler justifiant la mise en place de la politique. Par la suite, nous identifierons les acteurs concernés par la politique et leurs ressources. Nous analyserons ensuite le programme politico-administratif (PPA). Celui-ci présentera le contenu substantiel de la politique publique avec sa base légale, mais aussi ses objectifs, et ses éléments opérationnels, procéduraux et évaluatifs. Enfin, l'arrangement politico-administratif (APA) qui en découle détaillera les tâches, les compétences et les ressources des différents acteurs privés et publics chargés de la mise en œuvre de cette politique. Les plans d'action découlant de cet APA ainsi que ses actes de mise en œuvre seront présentés. Cette approche doit permettre la mise en évidence de la théorie de l'action de la politique analysée en montrant la logique d'intervention retenue (via les outils utilisés) par les pouvoirs publics et les effets attendus sur la résolution du problème public.

Certains concepts utilisés dans l'analyse des politiques publiques diffèrent selon la littérature consultée. Afin d'éviter toute mécompréhension du lecteur, nous précisons ici les définitions correspondant aux concepts utilisés dans le cadre du présent travail.

Politique publique⁹ : *« Enchaînement de décisions ou d'activités, intentionnellement cohérentes, prises par différents acteurs, publics et parfois privés, dont les ressources, les attaches institutionnelles et les intérêts varient, en vue de résoudre de manière ciblée un problème défini politiquement comme collectif. Cet ensemble de décisions et d'activités donne lieu à des actes formalisés, de nature plus ou moins contraignante, visant à modifier le comportement des groupes sociaux supposés à l'origine du problème collectif à résoudre (groupes cibles), dans l'intérêt des groupes sociaux qui subissent les effets négatifs du dit problème (bénéficiaires finaux). »*

Groupes cibles⁹ : *« Groupes sociaux dont on suppose que le comportement est à l'origine du problème public à régler. »*

Modèle de causalité⁹ : Comprend une hypothèse causale et une hypothèse d'intervention.

Hypothèse Causale⁹ : Hypothèse identifiant les groupes cibles pouvant être tenus responsables de la survenance du problème social à résoudre, ainsi que les bénéficiaires finaux devant tirer profit de la disparition du problème. Le modèle de causalité identifie

⁹ Analyse et pilotage des politiques publiques - Volume 2, Peter Knoepfel, et al., 2022

également les changements de comportements des groupes cibles qu'il convient d'obtenir afin de résoudre le problème public.

Hypothèse d'intervention¹⁰: Décrit les modalités de l'intervention publique afin d'influencer le comportement des groupes cibles désignés, et en particulier la sélection des instruments à mettre en œuvre afin d'obtenir les changements de comportements des groupes cibles souhaités.

Programme

politico-administratif (PPA)¹⁰: Ensemble des bases réglementaires nécessaires à la mise en œuvre de la politique publique.

Arrangement

Politico-administratif (APA)¹⁰: Ensemble des acteurs publics (administrations) et privés en charge de l'exécution du PPA.

Plans d'action (PA)¹⁰:

Éléments traduisant la stratégie de mise en œuvre de la politique publique avec ses priorités dans l'espace social, géographique et temporel.

Output d'une politique¹⁰ :

Ensemble des réalisations administratives sous forme de produits ou de prestations fournies au travers de l'intervention publique directement ou indirectement aux groupes cibles.

Outcome d'une politique¹¹:

Modifications des connaissances et des comportements des groupes cibles qui ont été visés par les outputs de la politique publique.

Effectivité d'une politique¹⁰:

Comparaison des outcomes obtenus avec ceux prévus.

Impact d'une politique¹¹ :

Ensemble des modifications intervenues dans la résolution du problème public visé attribuable à l'intervention publique.

Efficacité d'une politique¹⁰:

Comparaison des effets mesurés de l'impact avec leurs objectifs attendus.

Efficience allocative¹⁰ :

Comparaison des effets mesurés de l'impact avec les ressources engagées.

¹⁰ Ibid.

¹¹ Comprendre et concevoir l'administration publique Le modèle IDHEAP, Nils Soguel, et al., 2023

4. Méthodes utilisées

Description de la politique publique

Afin d'expliciter l'organisation de la politique publique en matière photovoltaïque dans le canton de Genève, nous détaillerons notamment ses objectifs et la théorie de l'action qui la sous-tend. Ces éléments descriptifs seront obtenus par l'analyse du cadre légal fédéral et genevois. Pour ce faire, notre démarche empruntera à l'analyse des politiques publiques certains de ses outils méthodologiques classiques.

Le premier d'entre eux est la représentation du triangle des acteurs¹². Cet outil permet notamment de présenter la nature du problème public à résoudre ainsi que les hypothèses causales et d'interventions retenues par les pouvoirs publics dans l'élaboration de cette politique. Ce modèle décrira aussi le rôle des différents acteurs concernés (les autorités politico-administratives, les bénéficiaires finaux et les groupes cibles) en détaillant leurs ressources respectives.

Un second outil utilisé sera le modèle d'impact^{13 14} qui permet de représenter la logique sous-jacente de l'intervention publique étudiée¹⁵. Celui-ci représente d'abord les inputs incluant la définition du problème à résoudre, les objectifs de l'intervention, les prescriptions opérationnelles (instruments) et organisationnelles (compétences et ressources) et la base légale. Il lie ces inputs aux processus de mise en œuvre et leurs acteurs publics ou privés chargés de délivrer les prestations correspondantes (correspond à l'APA dans le cadre d'analyse proposé par Peter Knoepfel, Corinne Larrue et Frédérique Varone¹²). Ceux-ci sont ensuite reliés aux réalisations administratives attendues consistant en produits et prestations offertes aux groupes cibles (output) et visant à modifier leur comportement. Ces activités sont ensuite mises en rapport avec les résultats attendus sur le comportement des groupes cibles (outcome). Enfin, ces éléments sont mis en relation avec les effets attendus (impacts) sur la résolution du problème public ayant justifié la mise sur pied de cette politique publique. Une telle représentation doit permettre au lecteur de bien clarifier la logique de l'action grâce à une explicitation de toute la chaîne de causalité visée par la politique publique. En clarifiant les raisons de l'intervention publique, ses constituants et ses effets attendus, ce modèle permet donc une meilleure compréhension de la théorie de son intervention.

Une analyse opérationnelle de l'APA permettra de déterminer ses caractéristiques en termes de nombre d'acteurs et leurs degrés de centralité, ses degrés de coordination horizontale et verticale, son degré de politisation et son homogénéité vis-à-vis du contexte fixé par d'autres politiques publiques. Des entretiens menés avec certains acteurs de l'APA permettront aussi d'expliquer certains éléments de coordinations entre ces intervenants.

¹² Analyse et pilotage des politiques publiques - Volume 2, Peter Knoepfel, et al., 2022

¹³ Evaluation. In: Klaus Schubert/ Nils Bandelow (Hrsg.), Fritz Sager and Markus Hinterleitner, 2014.

¹⁴ Comprendre et concevoir l'administration publique Le modèle IDHEAP, Nils Soguel, et al., 2023

¹⁵ Evaluation : a systematic approach, Peter H. Rossi, et al., 2019

Analyse des effets de la politique publique

Concernant la mesure de l'outcome et de l'impact de la politique, une approche par triangulation visera à croiser les informations quantitatives statistiques disponibles avec des données qualitatives issues d'entretiens menés avec certains acteurs et leurs représentants intervenants dans cette politique, ainsi qu'avec des données documentaires (études, documents de l'administration ...). L'approche qualitative doit permettre de mieux expliquer certains effets mesurés par la statique.

Une revue documentaire des évaluations existantes de la composante fédérale de la politique publique nous permettra d'analyser son effectivité comparant les effets attendus sur les comportements des propriétaires (outcome) avec ceux effectivement obtenus ou non prévus. L'analyse d'éléments de statistiques fédérales, cantonales et communales nous permettra de discuter de l'efficacité de son impact (capacité annuelle de production photovoltaïque additionnelle) vis-à-vis de celui attendu, ainsi que l'efficacité allocative de cet impact en regard des ressources allouées. Une méthode de comparaison normative sera utilisée, sans pouvoir pour autant s'assurer du lien de causalité entre la politique publique seule et le résultat obtenu, faute d'éléments statistiques suffisants. Une approche longitudinale couvrant la période actuelle et précédente aux incitations permettra toutefois de renforcer ces conclusions. Certaines hypothèses (issues de l'état de l'art et des entretiens menés) seront posées quant au lien possible entre les aspects d'efficacité allocative et les aspects de coordination ainsi que le choix d'outils d'intervention de cette politique, comme piste causale qui pourrait être confirmée par une véritable évaluation plus avancée. Ces hypothèses seront tirées de l'état de l'art et des entretiens menés. Afin de juger de la pertinence de ces outils, nous nous appuierons sur une analyse comparée de leurs mécanismes en regard des objectifs principaux poursuivis (issus des plans d'action).

Concernant l'outcome de l'intervention des communes sur le comportement des propriétaires, une comparaison statistique entre deux groupes de propriétaires ayant bénéficié de mesures communales pour l'un et aucune pour l'autre, tous deux non aléatoires, sera réalisée.

Atteinte des objectifs fixés par la politique publique

Les objectifs qualitatifs attendus de la politique fédérale comme cantonale seront tirés de l'analyse des documents publics de l'administration (message du conseil fédéral, plans d'action fédéraux et cantonaux). Les objectifs communaux ne sont généralement pas publics et seront investigués au moyen d'entretiens avec ces acteurs.

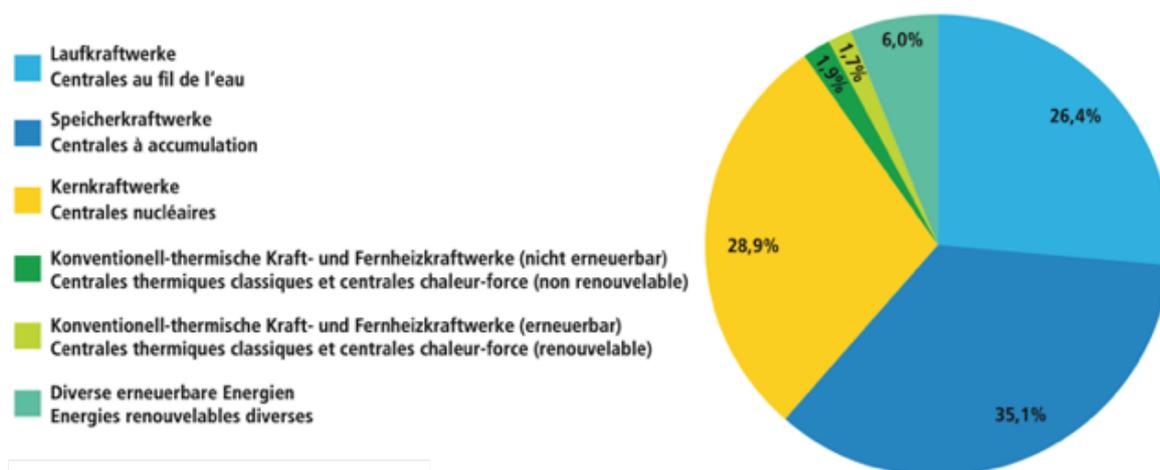
La mesure de l'atteinte des objectifs opérationnels quantitatifs sera obtenue grâce aux statistiques fédérales secondaires utilisées concernant les installations solaires existantes. Celles-ci proviendront principalement de l'Office fédéral de la statistique (OFS), de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) via le site « Open Data ». Les chiffres disponibles auprès des différents acteurs publics et privés participant à l'arrangement politico-administratif de cette politique publique que sont le Canton de Genève (cadastre solaire, rapports et publications de l'office cantonal de l'énergie), les services industriels de Genève et les communes seront recueillis, quand disponibles, afin de renforcer notre étude quantitative.

5. Le besoin d'une production photovoltaïque en Suisse

La Suisse s'est engagée à réduire ses émissions de gaz à effets de serre (GES) afin de limiter son impact sur le climat conformément aux accords de Paris. Le dioxyde de carbone (CO₂) représentant aujourd'hui près de 80% de GES émis en Suisse¹⁶, il est l'objet principal des politiques visant à leur réduction. La Confédération vise une neutralité des émissions nettes de GES en 2050 sans énergie nucléaire. Les émissions de CO₂ annuelles qui étaient encore de 5,4 tonnes par habitant en Suisse en 2020 devraient ainsi baisser à 1,5 tonne à l'horizon de 2050¹⁷. Pour ce faire, elle entend agir sur la décarbonation des énergies par une augmentation de la part des énergies renouvelables (EnR). Cette part d'EnR était d'environ 25% en 2022¹⁸.

L'électricité produite en Suisse est principalement générée à partir d'énergies renouvelables aujourd'hui. L'hydroélectricité, avec les barrages (centrales à accumulation) et les centrales au fil de l'eau, représente la plus grande part de la production d'électricité suisse.

Figure 1 - Production d'électricité en 2021 par catégories de centrales¹⁹



Certaines sources d'électricité sont pilotables (nucléaire, hydraulique, gaz par exemple). Cela signifie que leur production peut être augmentée ou baissée en fonction de la demande en électricité. En effet, la source de leur production est disponible en tout temps : l'eau pour l'hydraulique, l'uranium pour le nucléaire, le gaz.

En revanche, d'autres sources d'électricité ne sont pas pilotables. Ainsi, le solaire ou l'éolien peuvent surproduire du fait d'un fort ensoleillement ou de forts vents à des moments qui ne correspondent pas à une hausse de la demande en électricité. De la même manière, ces sources peuvent ne pas suffire par manque de soleil (météo, nuit) ou de vent à d'autres périodes. Leur production est non maitrisable.

¹⁶ Indicateurs de l'évolution des émissions de gaz à effet de serre en Suisse 1990–2022, Office fédéral de l'environnement OFEV, 2023

¹⁷ Stratégie énergétique 2050 rapport de monitoring 2021, Office fédéral de l'énergie OFEN, 2021

¹⁸ Statistique suisse des énergies renouvelables, Office fédéral de l'énergie OFEN, 2023

¹⁹ Statistique suisse de l'électricité 2021, Office fédéral de l'énergie OFEN, 2021

Afin de « lisser » ce caractère aléatoire et non pilotable de ces sources, les centrales à accumulation (barrages) peuvent être utilisées pour stocker le courant « solaire ou éolien » surproduit ou les compléter en cas de manque de leur production. C'est la fonction de pompage-turbinage : en période de surproduction solaire ou éolienne, le courant non consommé alimente des pompes qui « montent » l'eau présente en aval vers l'amont du barrage. En cas de production solaire ou éolienne insuffisante, ces mêmes barrages turbinent l'eau précédemment stockée. Ce dispositif permet de compenser des fluctuations des centrales non pilotables.

Afin de tendre vers son objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre, la Suisse a élaboré une stratégie énergétique 2050 visant à augmenter la part d'électricité issue de sources renouvelables (solaire, force motrices eau, éolien, biomasse...) et à remplacer les agents énergétiques carbonés hors électricité (gaz, carburants, combustibles pétroliers) par des EnR (électrification renouvelable, solaire thermique, réseau de chaleur renouvelable, biomasse, bois, hydrogène ou biométhane...). Dans ce contexte, elle a identifié le chauffage et le transport (hors aviation) comme les premiers postes d'émissions de carbone à réduire, car ils génèrent ensemble plus de 57 % des émissions de GES en Suisse aujourd'hui¹⁶. Cette stratégie fédérale vise donc notamment une électrification des transports (afin de les décarboner) et du chauffage (notamment avec le remplacement des chauffages fossiles par des systèmes de pompes à chaleur consommatrices d'électricité). Ces nouveaux usages électriques devraient impliquer à eux seuls une augmentation de la demande en électricité dans les années à venir. Les différents scénarios prévoient que la demande annuelle en électricité en Suisse pourrait passer de 65 TWh aujourd'hui à une fourchette comprise entre 76 TWh (+17 %) selon la confédération²⁰ et près de 90 TWh (+40 %) pour l'association des électriciens suisses³ à l'horizon 2050. Parallèlement, l'arrêt programmé de l'approvisionnement nucléaire suisse durant la même période impliquera une disparition de sa production annuelle actuelle de 23 TWh.

Les EnR, hors hydroélectrique, pourraient donc potentiellement devoir couvrir entre 37 TWh et 47 TWh par an à elles seules d'ici 2050. La production annuelle hydraulique devrait représenter 45 TWh (soit 10% de plus qu'aujourd'hui). Le solaire seul pourrait représenter plus de 33 TWh annuels.

Figure 2 - Évolution de la production d'électricité annuelle selon les technologies dans le scénario ZÉRO base, variante stratégique « bilan annuel équilibré en 2050 », en TWh²⁰

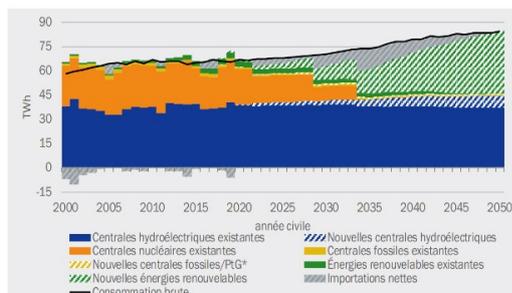
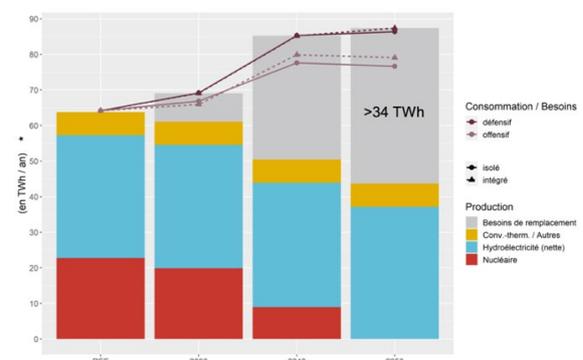


Figure 3 - Consommation nationale ; PE 2050+, ZÉRO base 76 TWh (2050), hors stockage, pertes incluses²⁰



²⁰ Scénario Zéro Base, Perspectives énergétiques 2050+, Office fédéral de l'énergie OFEN, 2020

Un dernier objectif de la stratégie fédérale est de renforcer la sécurité de l’approvisionnement en énergie en réduisant la dépendance aux importations énergétiques étrangères. En matière d’électricité, la Suisse est dépendante principalement de ses voisins en hiver et exportatrice en été. Cette situation péjore le bilan carbone de l’électricité consommée en Suisse puisque l’électricité étrangère importée en hiver est souvent produite par des centrales fossiles d’appoint faisant passer la moyenne de carbone de l’électricité consommée en Suisse de 50g CO₂/KWh en été à 250g CO₂/KWh en hiver²¹.

Figure 4 - Solde importateur/exportateur 2021 (en TWh), valeurs physiques²²

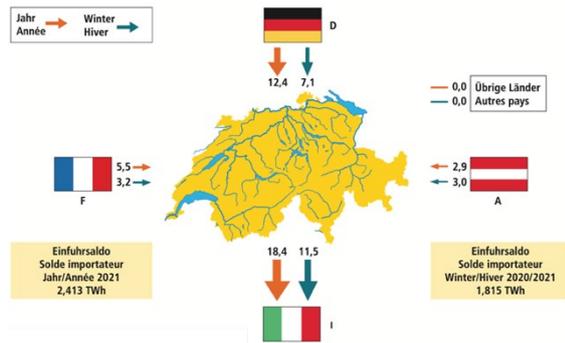
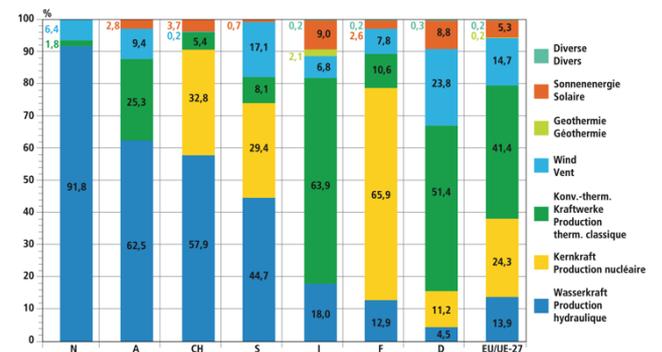


Figure 5 - Structure de production de divers pays 2020²²



L’importation hivernale et l’exportation estivale devraient devenir de plus en plus difficiles dans les années à venir. En effet, les pays voisins risquent d’aligner leur profil de production sur celui de la Suisse avec un recours accru aux EnR et une baisse des productions d’appoint carbonées en ruban pour devenir, eux aussi, excédentaires en été et, au mieux, couvrir leurs besoins propres en hiver²¹. Cette évolution rend d’autant plus urgente la question de l’indépendance énergétique pour la Suisse. Le remplacement des agents énergétiques carbonés importés (hydrocarbures et gaz) par une énergie produite en Suisse à partir d’énergies renouvelables (électrification renouvelable, gaz issue d’EnR, géothermie et solaire thermique) concourt donc aussi à répondre à l’objectif d’indépendance énergétique du pays.

Figure 6 - Quotes-parts mensuelles et consommation du pays en électricité durant l’année civile 2021²²

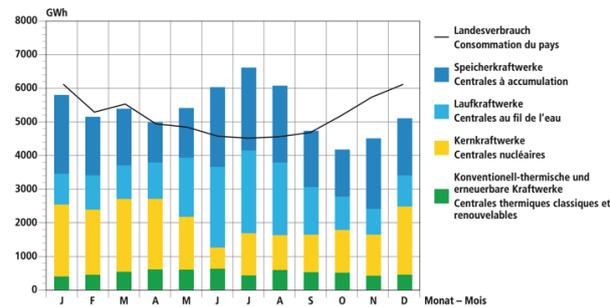
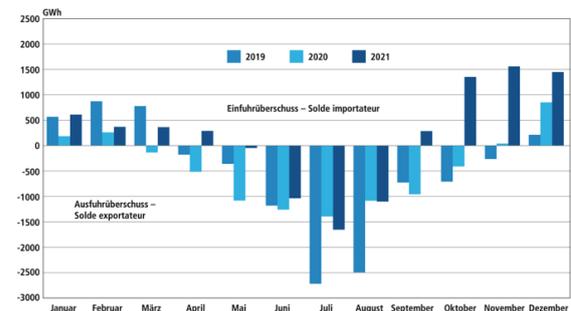


Figure 7 - Solde importateur/exportateur d’électricité (chiffres mensuels)²²



Pour la Confédération, le solaire photovoltaïque devra constituer une part majeure de la réponse à un besoin d’approvisionnement électrique sûr, durable et indigène pour la Suisse. Selon ses plans, la part du solaire devrait représenter une part de 40% de la production électrique en 2050 (contre moins de 6% aujourd’hui) proche de l’hydroélectricité qui représenterait alors 50%.

²¹ Augmentation de la demande d’électricité, Peter Richner - Empa, 2020

²² Statistique suisse de l’électricité 2021, Office fédéral de l’énergie OFEN, 2021

6. La technologie photovoltaïque

Description d'une centrale solaire

Afin de permettre une compréhension du fonctionnement d'une centrale solaire, nous décrivons ici ses composants principaux. Le panneau photovoltaïque (aussi appelé « module ») constitue la première étape de la production d'électricité d'une centrale solaire. Ces panneaux, composés le plus souvent de silicium semi-conducteur, ont la particularité de générer un courant continu dès qu'ils sont exposés à la lumière du soleil. Différentes technologies avec des rendements variés pour une même illumination permettant d'atteindre des quantités d'électricité produites plus ou moins importantes et avec des poids d'installations et une durée de vie variables existent. Nous ne rentrerons pas ici dans ces distinctions. Par ailleurs, l'amélioration récente des méthodes de production de panneaux photovoltaïques ont permis de réduire l'empreinte carbone de ces dispositifs passant de 17 g de silicium nécessaires à la production d'un panneau d'un watt, il y a 20 ans, à 3,5 g aujourd'hui²³. Le temps pour un panneau pour générer l'énergie qu'il a fallu pour le produire (Energy Pay-Back Time (EPBT)) est aujourd'hui en moyenne de 1,16 an pour un panneau fabriqué en Europe et de 1,28 an pour un panneau chinois. Selon le poids des modules, la fixation mécanique en toiture est un autre élément technique à intégrer à l'installation.

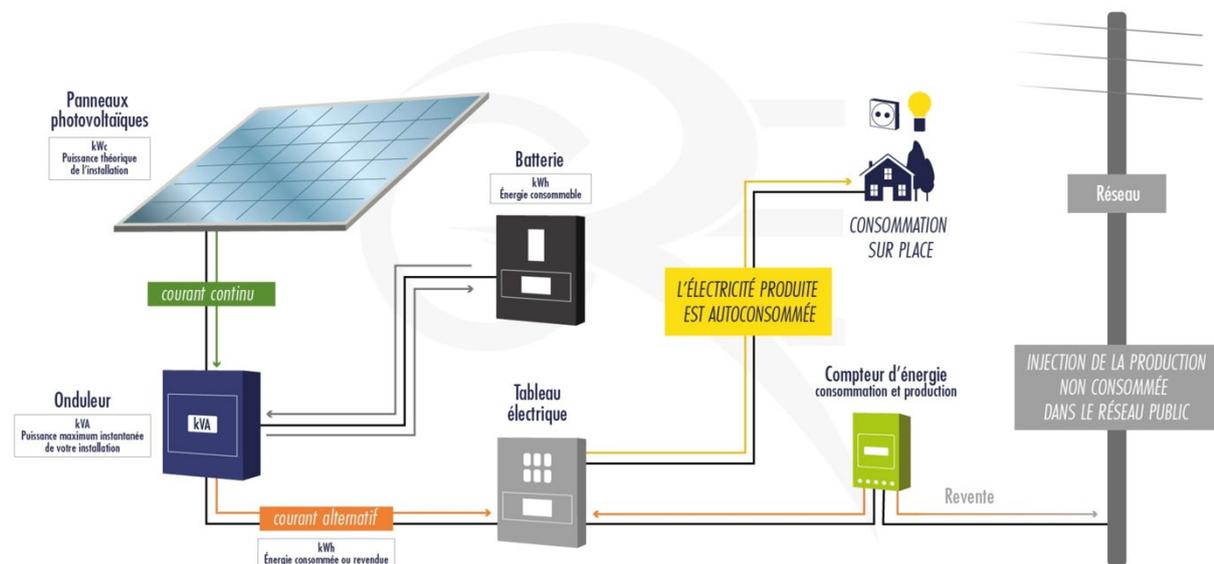
Le panneau solaire seul ne suffirait pas pour exploiter son électricité produite dans la majorité des cas classiques d'usage. En effet, un panneau solaire produit un courant continu à sa sortie dont la tension et le courant maximaux sont fonction de sa taille et de l'organisation des différents panneaux les uns par rapport aux autres. Les consommateurs (appareils ménagers à alimenter) utilisent, eux, du courant alternatif compris entre 220 et 240 volts d'une fréquence de 50Hz en Suisse. Il n'est donc pas possible d'alimenter ces consommateurs avec un courant continu produit par les seuls panneaux. C'est donc le rôle d'un onduleur de recevoir le courant produit par les modules et d'en convertir la tension et le courant pour fournir à sa sortie une électricité conforme aux 220V / 50Hz. Ce composant permet aussi de lisser la variation de production au cours de la journée fournie par les panneaux. D'une minute à l'autre leur courant et/ou tension fluctuent en fonction du passage de nuages. L'onduleur maintient un voltage constant en sortie malgré ces fluctuations à son entrée en adaptant le courant disponible qu'il délivre à sa sortie. L'électricité peut alors être utilisée pour les besoins propres (autoconsommation) ou réinjectée dans le réseau public si le compteur équipant le bâtiment (le plus souvent propriété de l'opérateur de réseau) le permet.

Si l'installation doit être capable de stocker une partie de l'électricité produite, il faut encore équiper l'installation de batteries. Une multitude de technologies existent avec leurs particularités respectives. Le seul élément à considérer ici est le fait que ces batteries, comme les modules solaires, fonctionnent en courant continu et que leur charge ou décharge doit être contrôlée. En effet, elles ne peuvent pas accepter n'importe quel courant de charge à un instant donné en fonction de leur état de charge (pleine ou vide) et de leur technologie (risque de dégradation des performances futures ou explosion par exemple). Le régulateur de charge est le composant qui permettra d'assurer la bonne santé des batteries en pilotant leur charge et décharge face à des panneaux solaires dont le courant et la tension varient en permanence.

²³ Photovoltaïcs - Présentation du 29 juin 2022 durant la visite Swissgrid, Christophe Ballif, 2022

Aujourd'hui, beaucoup de fabricants proposent des onduleurs intégrant la fonction de régulateur de charge. Il existe aussi désormais, pour les locataires, des panneaux pour balcons intégrant directement l'onduleur afin d'être simplement branchés à une prise du logement (norme suisse « plug and play »).

Figure 8 - Schéma d'une installation solaire avec un onduleur intégrant la fonction de régulateur de charge²⁴



Les contraintes sur le bâti d'une centrale solaire

Le poids moyen des panneaux solaires classiques utilisés en toiture aujourd'hui est environ de 12 kg/m². À cela doit être ajouté le poids des armatures servant à arrimer ces éléments à la toiture et le poids des câblages de leur raccordement. Le tout atteint le plus souvent un poids moyen de 15 kg/m². Un tel poids par unité de surface crée des contraintes pour certains édifices existants. Ceux-ci doivent parfois être renforcés avant de pouvoir accueillir une installation solaire. Les rénovations nécessaires aux contraintes mécaniques imposées renchérissent d'autant un projet d'équipement, car elles impliquent souvent des échafaudages et autres mesures d'intervention lourdes et coûteuses. C'est notamment la raison pour laquelle certains propriétaires ne considéreront la pose de panneaux solaires sur un bâtiment insuffisamment solide que dans le cadre d'une plus large rénovation moins accessible, car beaucoup plus coûteux.

L'équilibre entre la production électrique et sa consommation.

Aujourd'hui, le réseau électrique est organisé de manière à répondre à des pics ou à des baisses de demandes grâce à l'appoint fourni par les pays limitrophes et la régulation des importations et exportations. Par ailleurs, certaines sources nationales d'électricité aujourd'hui « pilotables » ne devraient plus être disponibles à l'avenir (nucléaire, centrales à gaz, ...). Le solaire photovoltaïque produit le plus gros de son électricité en été, par beau temps (non planifiable) et en journée. Il en découle une contrainte de concordance de lieu (entre les

²⁴ L'AUTOCONSOMMATION PHOTOVOLTAÏQUE, Groupe Roy Energy, 2023

lieux de production et de sa consommation à un instant donné) et de temps (entre le moment d'une surproduction et le moment d'un pic de demande). La concordance de lieu implique une réorganisation du réseau électrique suisse passant d'un réseau de distribution actuel depuis quelques centres de production à une production d'électricité décentralisée. La concordance de temps implique de réussir à stocker l'énergie solaire surproduite afin de la réinjecter dans le réseau lors de baisses de production solaire ou pour des pics de consommation. Ce stockage peut avoir une durée courte pour un équilibre sur une journée (besoins intraday), ou de plus longue durée pour équilibre entre saisons par exemple (besoins saisonniers). Afin d'équilibrer les heures et journées de surproduction (par ex. selon la météo et en journée avec des besoins ménagers nocturnes) il devient nécessaire d'intégrer une solution de stockage. Au-delà de son coût supplémentaire, celle-ci a aussi un rendement qui réduit d'autant l'efficacité de kWh produits et stockés puis déstockés. Par ailleurs, elle ne suffit parfois pas à emmagasiner tout le surplus d'énergie. Celui-ci est alors perdu. À ce titre, la Confédération estime le rendement énergétique d'une installation non raccordée (autoconsommation totale) inférieure de 40% (591 kWh/kW solaires) à celui d'une installation raccordée (réinjection partielle) estimée à 985 kWh/kW solaire²⁵.

Le rendement financier de l'installation.

Celui-ci dépend de plusieurs facteurs : le coût d'acquisition du dispositif photovoltaïque et de son installation initiale, le rendement énergétique de cette installation, la valeur financière de sa production, la durée de vie de l'installation et enfin, son coût d'entretien et d'élimination en fin de vie.

Le coût d'une installation solaire (sans stockage) en Suisse a sensiblement baissé ces dernières années. Le prix par Wp des panneaux solaires (watts peak : puissance maximale en conditions idéales) est passé d'environ 5000 USD/kWp en 2010 à environ 1000 USD/kWp aujourd'hui²⁶, soit divisé par cinq en un peu plus de 10 ans. Le rendement énergétique des panneaux n'a quant à lui cessé d'augmenter au cours de la dernière décennie passant, pour le silicium monocristallin par exemple, de 16% à plus de 20% aujourd'hui avec une limite physique théorique de 24% qui devrait être atteinte à l'horizon 2030. La durée de vie des panneaux est estimée à 33 ans avec des garanties de certains fabricants d'un rendement d'au moins 88% après 40 ans d'utilisation. Avec un prix actuel compris entre 40 et 60 CHF/m² de panneaux, on estime qu'un kWh produit par du solaire en Suisse (incluant le coût des panneaux, de l'électronique de contrôle, et de la pose, la perte de courant non utilisé) revient aujourd'hui entre 18 et 31 ct par kWh. Certaines estimations placent ce prix de production à 7,5 ct/kWh en 2050²⁶. Ce coût est donc déjà aujourd'hui proche, sinon parfois même moins cher, que le prix d'un kWh solaire acheté à une entreprise d'électricité par un consommateur final. En effet, de l'électricité autoconsommée n'implique pas les surcoûts d'utilisation du réseau, le supplément fédéral, ainsi que les prestations dues aux collectivités publiques qui représentent ensemble plus de 50% du prix de l'électricité facturée au consommateur final par un opérateur de réseau.

Au-delà des coûts propres à la complexité de chaque installation (p.ex. rénovation du bâti nécessaire avant la pose), il est à noter que le coût marginal d'une telle installation est

²⁵ Statistiques de l'énergie solaire, Office fédéral de l'énergie OFEN, 2023

²⁶ Photovoltaïcs - Présentation du 29 juin 2022 durant la visite Swissgrid, Christophe Ballif, 2022

fortement dégressif. En résumé, les plus grandes installations sont plus rentables que les petites. Un autre élément influant sur la rentabilité est le degré d'irradiation reçu par l'installation qui dépend de sa localisation, son orientation, mais aussi de la durée d'ensoleillement (ombres portées par d'autres constructions voisines). Il est ainsi plus rentable d'avoir un panneau en altitude dans une zone dégagée orientée au sud qu'en plaine au milieu d'un bâti dense et mal orienté. Les panneaux presque verticaux en montagne produisent plus en hiver que les panneaux de plaines. Les valeurs considérées en Suisse sont comprises entre 1000 et 1500 kWh/m² produits par an (selon sa localisation) par un panneau orienté plein sud avec une inclinaison de 30° sans ombre²⁷.

Figure 9 - Coût spécifique hors taxe des installations photovoltaïques ajoutées en fonction de la puissance installée en 2021²⁸

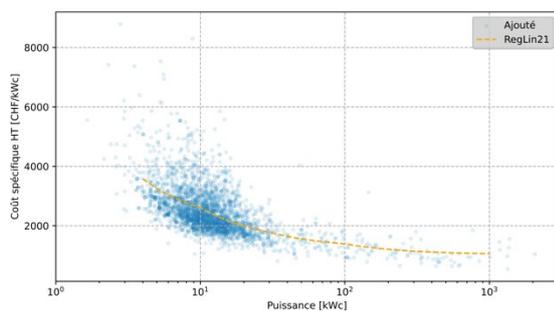
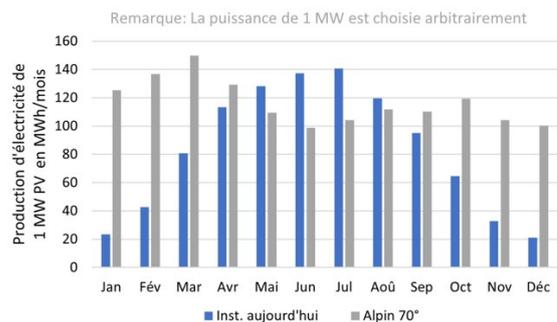


Figure 10 - Comparaison du rendement énergétique mensuel des installations PV de plaine et alpine²⁹



L'utilisation faite du courant produit.

La rentabilité du courant photovoltaïque produit dépend aussi de son usage. Plusieurs cas de figure existent entre l'autoconsommation totale, l'autoconsommation partielle avec une partie réinjectée dans le réseau et la réinjection totale.

Pour l'autoconsommation, l'avantage financier sera défini par la différence de prix entre le coût de production par kWh et son prix d'achat sur le marché s'il avait dû être acquis auprès d'une entreprise d'électricité locale. Ainsi, si le prix de production est moins cher que celui d'achat, le propriétaire de l'installation est bénéficiaire. À titre d'exemple, le prix d'achat d'un kWh 100% solaire en 2023 à Genève auprès des SIG est de plus de 37 centimes et celui d'un kWh le moins solaire (toute l'électricité genevoise est « verte » sans nucléaire et uniquement hydraulique ou solaire) coûte plus de 28 centimes³⁰.

Même si ces prix varient au cours du temps, l'autoconsommation apparaît pour le propriétaire comme une méthode « déjà rentable » pour garantir le prix de son énergie face aux incertitudes de potentielles hausses futures du prix de l'électricité. Cela explique peut-être la préférence de la majorité des propriétaires genevois de villas à potentiellement investir dans une installation ne couvrant au maximum que leurs seuls besoins d'autoconsommation³¹. Soucieux d'autoconsommer le plus possible, certains propriétaires associent leur installation

²⁷ Énergie solaire – évidemment, SwisSolar, 2022

²⁸ Observation des prix de marché photovoltaïque 2021, SwissEnergy Office fédéral de l'énergie OFEN, 2022

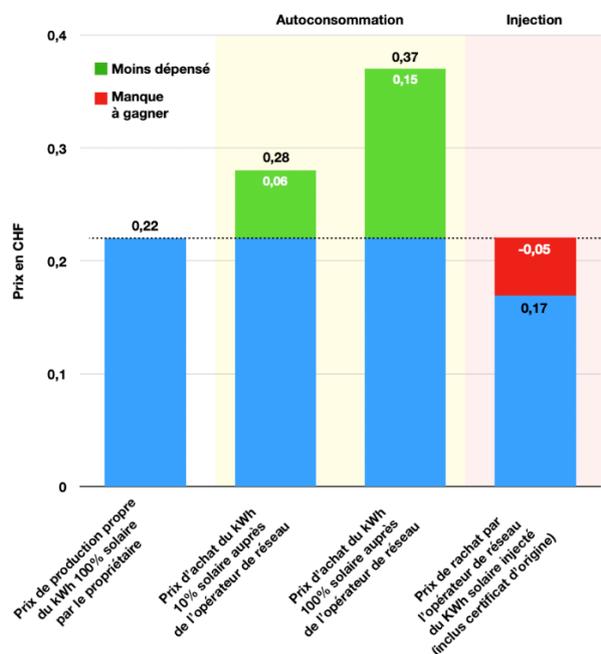
²⁹ Grandes installations photovoltaïques, Office fédéral de l'énergie OFEN, 2023

³⁰ Électricité SIG 2023, Services industriels de Genève SIG, 2023

³¹ Préférences pour les technologies liées aux énergies renouvelables, Maria Lagomarsino, et al., 2021

photovoltaïque à une pompe à chaleur consommatrice d'électricité remplaçant leurs dépenses fossiles par un besoin électrique supplémentaire à moindre coût.

Figure 11 - Exemple fictif de valorisation d'un kWh produit à Genève au prix de 22 ct



La rentabilité financière du courant réinjecté est différente de l'autoconsommation, car le prix de rachat par l'opérateur de réseau diffère du prix d'achat sur le marché. Sa rentabilité dépendra de la différence entre le prix de production du propriétaire et le prix de rachat du kWh réinjecté. À titre d'exemple, le kWh injecté bénéficiant d'un certificat d'origine est racheté par les SIG à un prix au mieux inférieur à 17 centimes³². Par ailleurs, ce prix est sujet à variation annuelle et semble offrir moins de certitudes au propriétaire sur la rentabilité de son investissement.

Dans la réalité des projets principalement étudiés pour l'autoconsommation, le coût marginal de panneaux solaires supplémentaires destinés à l'injection est sensiblement moins grand. En effet, ces bâtiments sont de toute façon déjà raccordés au réseau s'agissant de Genève et l'injection ne demande pas d'investissements de raccordement supplémentaires significatifs. Dans la plupart de ces projets, l'étude technique, les appareils de gestion électrique, de stockage ainsi que les démarches administratives et les coûts de chantiers ou de rénovation sont de toute façon déjà investis comme coûts fixes. L'ajout de panneaux couvrant le reste de la surface disponible à destination d'injection aura un coût marginal proche du seul prix du panneau. Ainsi, sauf à prévoir que toute l'installation soit dévolue à l'injection, l'investissement correspondant aux panneaux supplémentaires à ceux dédiés à l'autoconsommation devrait être considéré comme rentable dans la majorité des cas de figure à Genève³³.

Les cas prévoyant une totale réinjection sans autoconsommation bénéficient d'ailleurs d'une rétribution financière à l'investissement supplémentaire dans le cadre des instruments prévus par la politique publique. Enfin, l'autoconsommation totale, sans connexion au réseau, est parfois sous optimale, car toute la valeur économique de l'électricité qui est produite sans être immédiatement consommée et qui ne peut être stockée est perdue.

Son impact visuel sur l'environnement.

³² Rétributions de l'énergie électrique et de la garantie d'origine des installations photovoltaïques, Services industriels de Genève SIG, 2023

³³ Entretien du 1er septembre 2023, Dr. Elliot Romano - Adjoint Scientifique, Université de Genève

La pose de panneaux solaires est prévue par la Confédération sur le bâti afin d'atteindre ses objectifs. Cette pose concernerait les toits et façades de bâtiments neufs, à équiper dès leurs constructions, ainsi que les bâtiments existants à équiper à l'occasion de rénovations. Or, certaines zones bâties ou de nature sont protégées afin de préserver leur caractère remarquable ou patrimonial. Dans ces zones, la pose de panneaux se heurte à l'intérêt de la préservation de ces sites. Certaines adaptations visuelles sont possibles par la pose de panneaux de couleur plus harmonieuse et discrète (tuiles solaires ou surfaces peintes en façade par exemple). Mais ces adaptations peuvent renchérir le coût d'investissement de près de 75%³⁴ avec un rendement énergétique souvent inférieur de près de 15%³⁵. Dès lors, les intérêts de préservation du patrimoine bâti et naturel s'opposent parfois à l'objectif de déploiement du photovoltaïque, créant autant d'entraves avec un risque de conflictualisation croissant par manque de coordination entre ces politiques publiques³⁶.

7. Analyse de de la politique publique

7.1 Le problème public à résoudre

Le passage au photovoltaïque, en remplacement du nucléaire et en réponse à l'impératif de décarboner les sources énergétiques, n'est pas sans poser de problèmes. Le premier risque est celui de pénurie électrique en hiver. La production solaire y est moins importante. Dès lors, en plus de la création de centrales solaires hors de la zone à bâtir, l'augmentation souhaitée par la Confédération de la production solaire photovoltaïque requiert que des surfaces bâties soient équipées de panneaux solaires en Suisse. C'est en effet dans les zones à bâtir que les réseaux électriques sont déjà existants et qu'il sera possible à moindres frais de collecter le courant produit. La Confédération estime le potentiel de production annuelle solaire à 50 TWh par l'équipement des toitures et 17 TWh grâce aux façades du bâti³⁷ en Suisse. Ce potentiel photovoltaïque total de 67 TWh par an, s'il est réalisé, permettrait donc, en théorie, de couvrir les besoins prévisionnés même en hiver. Le premier problème à résoudre est donc d'équiper les toits et façades du bâti existant. Par ailleurs, il est impératif que les installations qui y sont réalisées exploitent pleinement le potentiel solaire disponible. Une seconde problématique est donc d'assurer une couverture la plus complète possible des surfaces équipées.

³⁴ La justice genevoise soutient l'installation de panneaux photovoltaïques, LE JOURNAL DE L'IMMOBILIER • NO 53, 2022

³⁵ Arrêt du 23 août 2022, ATA/826/2022, Cour de justice de la Chambre administrative de la République et Canton de Genève, 2022

³⁶ (Ré)concilier les politiques du patrimoine et de l'énergie, Stéphane Nahrath, 2023

³⁷ Les toits et les façades des maisons suisses pourraient produire 67 TWh d'électricité solaire par an, Office fédéral de l'énergie OFEN, 2019

7.2 L'hypothèse causale

Le but de la politique publique est de déclencher un changement de comportement chez les propriétaires de biens immobiliers afin qu'ils décident d'installer des panneaux solaires sur leurs bâtiments. Elle vise aussi à ce que leurs équipements dépassent, quand cela est techniquement possible, la couverture énergétique de leurs seuls besoins d'autoconsommation.

Afin que les propriétaires équipent leurs toits de panneaux solaires, le législateur identifie plusieurs facteurs pouvant influencer leur décision en la matière. Le premier d'entre eux est leur intérêt financier à exploiter une telle installation. Comme tout investissement immobilier, il est souhaitable que celui-ci présente le meilleur rendement financier possible. Or, pendant de nombreuses années, du fait du coût élevé à l'achat de ces technologies, leur rendement médiocre et leur durée de vie limitée, leur manque de rentabilité financière justifiait difficilement ces investissements. Selon leurs localisations et leurs environnements, certaines toitures équipées se révèlent encore aujourd'hui non rentables économiquement. Malgré la baisse des prix de ces installations constatée ces dernières années, les ombres portées en toitures réduisant leur production réelle dans les zones densément bâties, les coûts d'installations parfois proportionnellement plus importants notamment pour les petites ou anciennes toitures rendent de telles installations non rentables sur leur durée de vie. Dès lors, il ne peut pas être attendu des propriétaires qu'ils réalisent de manière volontaire un investissement déficitaire sur leur bien dans le seul but de répondre à l'objectif de production d'électricité d'origine solaire de la Confédération.

Un second facteur réside dans la part de leur toit équipé par les propriétaires. Comme exprimé précédemment, les propriétaires peuvent être tentés de limiter leur investissement à une installation ne couvrant que leurs seuls besoins de consommation propre. Ce faisant, l'énergie produite permet de réaliser une économie de consommation sur le bâtiment, mais pas réellement d'offrir à la Suisse une capacité de production photovoltaïque supplémentaire comme souhaité par la Confédération afin de couvrir les nouveaux besoins à venir dans les prochaines années.

Un dernier facteur porte sur la supposée méconnaissance par les propriétaires (non-experts des questions énergétiques) des avantages que peut présenter une installation solaire. En effet, à l'occasion d'autres rénovations énergétiques à réaliser (par exemple l'isolation), l'ajout d'une centrale photovoltaïque peut permettre de maximiser les bénéfices énergétiques et financiers d'une telle opération. Les propriétaires notamment particuliers ne peuvent pas toujours réaliser eux-mêmes les projections de différents scénarios intégrant ou non du photovoltaïque afin de réaliser leurs avantages financiers et environnementaux à recourir au solaire à cette occasion.

7.3 L'hypothèse d'intervention

Pour le bâti neuf, qui n'est pas l'objet de notre étude, c'est l'obligation légale faite aux bâtisseurs en Suisse de dédier une partie des toits nouvellement construits à des installations solaires qui constitue l'intervention.

Concernant les propriétaires de toits existants (c.-à-d. bâtiments déjà construits), les pouvoirs publics prévoient des mesures visant à améliorer la rentabilité financière de telles installations afin de les inciter à réaliser ces investissements.

La première de ces mesures consiste à offrir des subventions à l'installation de tels équipements, réduisant d'autant le coût initial pour le propriétaire à rentabiliser sur la durée de sa centrale solaire.

La seconde offre la possibilité pour les propriétaires de consommer le courant qu'ils produisent par l'autoconsommation (pendant une période, la réinjection restait la règle). Comme expliqué précédemment, cette mesure permet au propriétaire de réaliser des économies dans l'achat de courant qu'il devrait sans cela réaliser à un coût marginal de revient plus important.

Une troisième mesure incitative est d'obliger les entreprises d'électricité locales à reprendre en réinjection sur leur réseau le courant produit et non consommé par les propriétaires et de le rétribuer afin qu'il ne soit pas perdu économiquement. Cette dernière obligation vise à inciter les propriétaires à équiper leur bien en allant au-delà de leur seul besoin d'autoconsommation.

Une dernière mesure consiste à autoriser les propriétaires à se regrouper afin de permettre d'augmenter leur part d'autoconsommation. Ils peuvent aussi revendre leur production à leurs locataires. Au final, la mesure vise à augmenter la demande en autoconsommation et donc à inciter les propriétaires à augmenter la part d'équipement solaire de leurs toits.

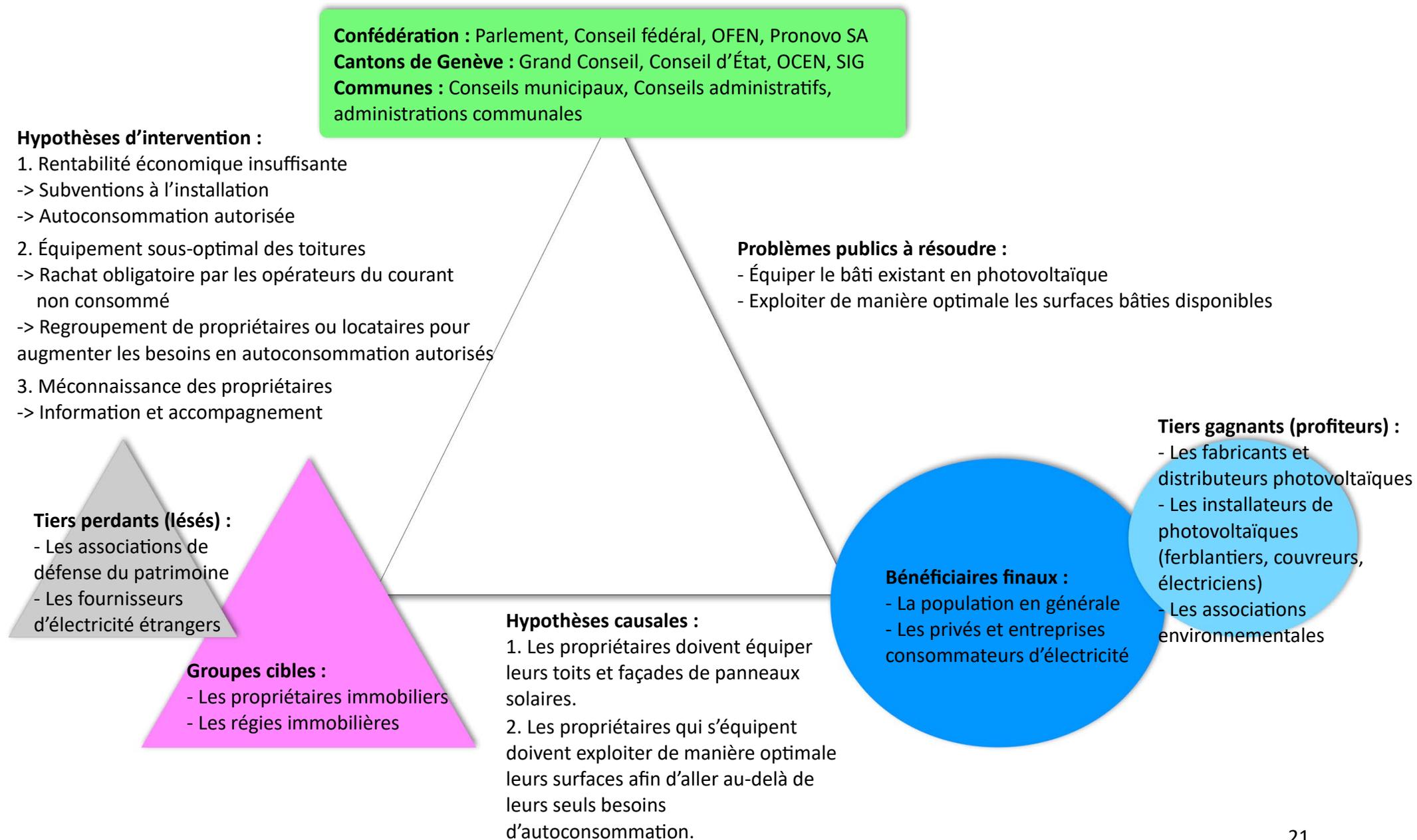
Ces mesures combinées doivent permettre une amélioration suffisante de la rentabilité financière des centrales solaires afin de décider les propriétaires immobiliers privés à équiper leurs toits existants de la manière la plus complète possible.

Enfin, afin d'assister les propriétaires particuliers dans l'étude des différentes variantes intégrantes ou non du photovoltaïque et d'en comprendre les avantages, les pouvoirs publics misent notamment sur une activité d'information aux propriétaires et une assistance à la maîtrise d'ouvrage.

7.4 Les acteurs intervenants dans le développement du photovoltaïque genevois

Notre travail concerne le territoire genevois. Une spécificité genevoise est d'être un « canton-ville ». Le potentiel photovoltaïque serait donc à réaliser sur le bâti existant et non dans la zone agricole souvent protégée par des mesures d'assolement. Conformément à notre cadre théorique, la politique publique étudiée vise à agir sur les comportements de groupes cibles identifiés afin d'influencer les choix ou comportements de ces acteurs⁹. À ceux-ci s'ajoute les différents autres acteurs prenants part, ou étant influencés, par cette politique. Ces différents acteurs sont représentés au sein du schéma de Triangle des acteurs dans le contexte du canton de Genève sur la figure suivante.

Figure 12 - Triangle des acteurs de la politique en matière de photovoltaïque dans le canton de Genève



Les propriétaires de biens immobiliers

Les surfaces (toits ou façades) identifiées comme pouvant permettre d'atteindre l'objectif de production photovoltaïque par leur équipement sont le plus souvent sur le domaine privé. Dès lors, ce sont les propriétaires privés de tels bâtiments existants ou à construire qui constituent le principal groupe cible de la politique publique en matière de développement du photovoltaïque. Celle-ci vise à influencer le choix d'équipement de leurs biens par de tels dispositifs. Par ailleurs, le but est d'équiper une portion maximale de chacune de ces surfaces, sans se limiter aux seuls besoins électriques autoconsommés du bien équipé. En effet, la Confédération vise une augmentation globale de l'offre d'électricité d'origine photovoltaïque suisse pour les consommateurs (propriétaires ou pas) et non pas une indépendance énergétique de chaque bâtiment. Les ressources principales des propriétaires genevois sont l'argent (nécessaire aux investissements photovoltaïques), le temps et surtout patrimoniale, car détenant l'infrastructure devant accueillir les éléments de production que sont les panneaux. Les organisations faitières de propriétaires comme la chambre genevoise immobilière bénéficient pour elles des ressources de temps, d'organisation, de personnel, d'argent.

Les acteurs de l'APA :

La Confédération

Comme dans beaucoup de domaines, la Confédération édicte les principes généraux et les règles de droit substantielles spécifiques à la politique solaire en Suisse. Elle est la principale contributrice financière à cette politique et évalue régulièrement l'atteinte ou non des objectifs fixés par les dispositifs mis en place. En matière de protection du bâti, celle-ci édicte aussi les règles substantielles, mais intervient aussi dans la définition des objets d'intérêt national dignes de protection. Elle est donc la principale initiatrice de cette politique en étant sa principale contributrice financière. Pour Genève la contribution fédérale en faveur du solaire s'est montée à 8 millions de francs en 2022. La Confédération évalue aussi l'atteinte de grands objectifs de cette politique. Cet acteur a surtout des ressources liées au droit, au personnel, d'organisation et d'argent (subventions).

L'État de Genève

Conformément aux principes de fédéralisme d'exécution ainsi que la souveraineté d'exécution des cantons, la planification énergétique est une compétence cantonale. Le Canton de Genève et donc chargé d'établir les plans d'intervention, dans le cadre fixé par la Confédération, en matière de développement de la production solaire sur son territoire notamment. Cet acteur peut compter sur des ressources principales d'argent, de personnel, d'organisation, du droit et patrimonial en qualité de propriétaire.

Les services industriels genevois

Les SIG sont un établissement de droit public régi par la Constitution genevoise, la Loi sur l'organisation des Institutions de Droit public (LOIDP) et la Loi sur l'organisation des Services industriels de Genève (LSIG). Cet acteur parapublic doté de la personnalité juridique a

plusieurs missions en lien avec le solaire. Tout d'abord, son rôle de fournisseur d'énergie le conduit à produire lui-même du courant électrique solaire ou à en acheter auprès d'autres producteurs afin de le vendre aux consommateurs genevois. C'est ainsi qu'ils produisent aujourd'hui un tiers de l'énergie qu'ils vendent et achètent le reste sur le marché, soit les deux autres tiers. À cela s'ajoute un rôle de promoteur de l'énergie solaire auprès des propriétaires. Ils sont aussi chargés du rachat de l'électricité solaire non consommée par les propriétaires et injectée dans le réseau. Les SIG se définissent volontiers eux-mêmes comme le « bras énergétique » de l'État de Genève étant placé sous la surveillance du Conseil d'État. Ils jouent donc un rôle central sur le territoire genevois en gérant pas moins de 4900 km de réseau électrique auquel sont raccordées près de 297'000 installations. Ils ont ainsi produit 738 GWh d'électricité en 2022 (soit près de 30% du besoin électrique annuel du canton), dont 25 GWh solaires (soit environ 3% de leur production annuelle propre). En ayant fourni en 2021 2,5 TWh d'électricité (production et achat-revente), les SIG ont pourvu à près de 91% des besoins en électricité des Genevois. Cet acteur bénéficie des ressources de personnel, d'argent, d'information, d'organisation, et de consensus (grande image de fiabilité et d'expertise).

Les communes genevoises

Les communes genevoises ont vu leurs compétences en matière d'aménagement réduites depuis une dizaine d'années avec désormais un préavis uniquement consultatif en matière de densification pour certains projets sur le domaine privé. C'est le canton qui a la compétence de trancher ces questions d'aménagement. En revanche, ces communes participent parfois volontairement à la politique en matière de solaire comme nous le verrons. Ces acteurs bénéficient des ressources d'argent (subventions) et d'organisation.

Les bénéficiaires finaux :

La population en générale et les consommateurs d'électricité non propriétaires

L'ensemble des consommateurs genevois, individus privés ou entreprises, bénéficient d'une plus grande disponibilité de courant solaire avec la réalisation de la politique publique. Avec une plus grande sécurité d'approvisionnement de courant consommable, ils appartiennent donc aux bénéficiaires finaux de la politique publique.

Les tiers gagnants :

Les fabricants, fournisseurs et installateurs

Ayant un intérêt économique direct au développement des installations photovoltaïques, ils bénéficient indirectement des mesures en faveur de leur installation. Souvent regroupés sous l'égide de faïtières, ils œuvrent à faire connaître aux propriétaires ces mesures en tentant de les synthétiser de manière simple et compréhensible via leurs canaux de communication (p.ex : site internet de SwissSolar). Par leurs prises de position dans les médias, ils visent à rassurer les propriétaires sur la maturité des technologies et leur rentabilité. Ces acteurs bénéficient des ressources d'information, d'organisation et de temps.

Les associations environnementales

Ces organisations sont favorables au développement du photovoltaïque en zones urbaines. Elles visent notamment à la décarbonation des énergies afin de limiter les impacts sur le climat. La préservation de la biodiversité étant aussi une de leur priorité, elles peuvent recourir contre le développement des installations solaires dans des zones de natures ou protégées. Elles perçoivent le développement solaire dans les villes comme une priorité qui devrait permettre de soulager la pression de son déploiement dans d'autres zones qu'elles souhaitent prémunir de ces installations. Comme le montre l'organisation d'une étude par le WWF⁶ visant à clarifier les blocages pouvant entraver le développement du photovoltaïque, ces associations peuvent tenter d'avoir une réelle influence sur la concrétisation de la politique publique. Ces organisations bénéficient des ressources de personnel, d'argent, d'information, d'organisation, et de temps.

Les groupes cibles :

Les propriétaires

C'est le groupe principal ciblé par la politique publique. Elle vise à les décider à équiper leur bâtiment de photovoltaïque en exploitant le maximum du potentiel solaire que celui-ci offre. Ces acteurs bénéficient surtout de la ressource d'infrastructure en leur qualité de propriétaire de bâti pouvant être équipé de centrales solaires et d'argent pouvant investir dans cet équipement.

Les régies immobilières

Ces acteurs, même s'ils ne sont pas formellement visés par la politique publique, jouent un rôle essentiel dans l'impulsion de projets photovoltaïques sur les grands bâtis par leur rôle de conseil aux propriétaires en étant leurs représentants dans de nombreux projets. Les régies sont ainsi souvent chargées par les « grands » propriétaires institutionnels de réaliser les études d'opportunité et de faisabilité des projets solaires. De leurs recommandations dépendra le démarrage de projets d'équipement de grandes surfaces. Comme montré dans l'étude du WWF⁶, la composition même de leurs équipes peut influencer leur appréhension du photovoltaïque et leurs recommandations qui influenceront forcément les choix des propriétaires qu'ils conseillent. Ces acteurs jouissent des ressources de consensus (bénéficiant d'une grande confiance de leurs propriétaires mandants), de temps, et de personnel.

Les tiers perdants :

Les fournisseurs énergétiques étrangers

Les SIG ne jouissent pas d'un complet monopole sur la fourniture d'électricité, puisque les gros consommateurs (utilisant plus de 100'000 kWh par an) peuvent contracter avec d'autres fournisseurs du marché « libre ». Sur ce segment, les SIG connaissent donc une concurrence ouverte. La part de marché des autres acteurs de l'électricité présents à Genève représente environ 9%. Avec l'augmentation de la part d'électricité solaire produite localement, les

besoins d'importation par les SIG seront moins importants et la nécessité pour certains clients de se fournir sur le marché libre sera réduite d'autant.

Les associations de défense du patrimoine

Défendant le maintien et la protection du patrimoine bâti classé ou d'intérêt, ces associations sont parfois opposées à l'équipement de certains objets par des installations solaires trop voyantes et dénaturant certains ensembles architecturaux dignes d'intérêt selon elles. Ces organisations bénéficient des ressources de temps, d'organisation et d'information.

7.5 Le programme politico-administratif

Les différentes composantes du programme politico-administratif seront détaillées chacune ci-après à l'échelon fédéral puis du canton de Genève.

Les bases légales

À l'échelon fédéral :

En 2018, avec l'adoption par le peuple suisse de la stratégie 2050, le droit fédéral sur l'énergie en Suisse a connu de très larges modifications³⁸. À cette occasion, le cadre légal déterminant le programme politico-administratif a été revu. En 2023, ce sont d'autres bases légales qui ont été mises à jour ou créées. C'est ainsi que les lois et règlements fédéraux suivants ont été revus ou créés touchant à la question du photovoltaïque depuis 2018 :

- La loi sur l'énergie (LEne)
- La loi sur l'aménagement du territoire (LAT)
- L'ordonnance sur l'encouragement de la production d'électricité issue d'énergies renouvelables (OEneR)
- Directive relative à l'Ordonnance sur l'encouragement de la production d'électricité issue d'énergies renouvelables (OEneR) Photovoltaïque
- L'ordonnance sur l'énergie (OEne)
- L'ordonnance sur l'aménagement du territoire (OAT)
- L'ordonnance sur les émoluments et les taxes de surveillance dans le domaine de l'énergie (Oémol-En)
- L'ordonnance du DETEC sur la garantie d'origine et le marquage de l'électricité (OGOM).

³⁸ Principales nouveautés du droit de l'énergie à partir de 2018, Office fédéral de l'énergie OFEN, 2017

Enfin, un projet de « loi relative à un approvisionnement en électricité sûr reposant sur des énergies renouvelables », consistant en une modification de la LEnE et de la loi sur l'approvisionnement en électricité, a été déposé par le Conseil Fédéral³⁹ et est actuellement en discussion au sein des chambres. Même si les modifications proposées par ce projet ne sont pas encore entrées en force, les objectifs chiffrés contenus dans cette proposition ainsi que les outils imaginés renseigneront aussi sur le programme politico-administratif.

À l'échelon du Canton de Genève :

Les éléments influant sur le programme politico-administratif du photovoltaïque genevois se retrouvent dans les lois et règlements suivants :

- La loi genevoise sur l'énergie (LEn-GE) et son règlement d'application (REn)
- La loi sur la démolition, transformations et rénovations de maison d'habitation (mesures de soutien en faveur des locataires et de l'emploi) (LDTR) et son règlement d'application (RDTR)
- La loi instituant deux fonds pour le développement des énergies renouvelables et les économies d'énergie (LFDER) et son règlement d'application (RFDER).
- La loi générale sur les zones de développement (LGZD)
- La loi sur la protection des monuments, de la nature et des sites (LPMNS) et son règlement d'application (RPMNS).
- La loi sur les constructions et les installations diverses (LCI) et son règlement d'application (RCI)
- La loi sur l'organisation des Services industriels de Genève (LSIG) et son règlement d'application (RSIG-1A)
- La loi d'application genevoise de la loi fédérale sur l'aménagement du territoire (LaLAT)
- La notice 1/2022 sur la déductibilité des frais d'entretien des immeubles privés de l'administration fiscale cantonale
- La loi de procédure fiscale (LPFisc)

³⁹ Message concernant la loi relative à un approvisionnement en électricité sûr reposant sur des énergies renouvelables, Conseil Fédéral, 2021

Les objectifs

À l'échelon fédéral :

La confédération souhaite que la production photovoltaïque suisse représente au moins 14 TWh par an en 2035⁴⁰. Cela reviendrait à exploiter 20% du potentiel solaire suisse identifié total de 67 TWh et reviendrait à multiplier par cinq la production de 2020. En 2050, l'objectif est de 34 TWh par an soit 40% de la production projetée. Un tel objectif implique une installation annuelle de 1,5 GW (comparativement, le niveau actuel se situe à environ 0,3 GW / an).

À l'échelon du Canton de Genève :

Pour le Canton de Genève, les objectifs mentionnés dans son plan directeur de l'énergie (PDEn) sont d'atteindre une production photovoltaïque de 350 GWh par an en 2030, ce qui revient à multiplier par sept la production genevoise de 2018. Le potentiel solaire genevois identifié en 2021 étant de 1400 GWh par an, cela reviendrait à utiliser 20% de ce potentiel contre 4% environ en 2020.

Les éléments opérationnels

Nous ne détaillons ici que les instruments passés ou actuellement en vigueur. Les instruments définis par la Confédération afin d'augmenter la production photovoltaïque sont de plusieurs types répondant à différentes modalités⁴¹: régulatrice, incitative, persuasive, et la fourniture directe de biens et services.

Les modalités régulatrices

À l'échelon fédéral :

Les nouvelles constructions en Suisse dont la surface déterminante dépasse 300 m² doivent être équipées d'une installation solaire photovoltaïque ou thermique (Art. 45a LEne). Des exceptions en cas de non-sens économique ou technique, et si cela contrevient à d'autres intérêts publics sont possibles. Les cantons sont chargés de régler ces exceptions.

La garantie d'origine prévoit que la quantité, la période de production, les agents énergétiques utilisés et les données relatives aux installations soient certifiés pour la production d'électricité en Suisse (Art.9 LEne).

L'obligation est faite aux gestionnaires de réseaux de reprendre et de rétribuer de « manière appropriée » l'énergie provenant notamment de productions photovoltaïques (avec une limite annuelle de 3 MW et une puissance inférieure à 5000 MWh) (Art. 15 LEne). Cette mesure

⁴⁰ Rapport explicatif concernant la révision de l'ordonnance sur l'aménagement du territoire (installations solaires en dehors des zones à bâtir), Confédération Suisse, 2022

⁴¹ Analyse et pilotage des politiques publiques - Volume 2, Peter Knoepfel, et al., 2022

régulative pour ces gestionnaires constituera une incitation pour les propriétaires fonciers producteurs photovoltaïques.

Un supplément sur le réseau de 2,3 ct par kWh est prélevé chez les consommateurs finaux. Celui-ci vise à financer les mesures incitatives détaillées ci-après. Les entreprises privées à forte intensité peuvent obtenir le remboursement de ce supplément à condition de conclure avec la Confédération une convention d'objectifs en vue d'augmenter leur efficacité énergétique.

Le développement d'énergies renouvelables revêt un intérêt national (Art. 12 LEné). Les grandes installations photovoltaïques (production annuelle > 10 GW et efficacité hivernale >500Wh/kWp) et leurs lignes d'alimentation relèvent d'un intérêt national. Leur implantation est imposée par leur destination et l'intérêt de les réaliser prime sur les autres intérêts nationaux, régionaux et locaux (Art. 71a LEné). Elles ne sont pas soumises à l'obligation d'aménager le territoire (sauf Art. 5 LPN). C'est-à-dire qu'il n'est donc pas nécessaire de réaliser un plan directeur ou un plan d'affectation. Une étude d'impact sur l'environnement reste toutefois nécessaire et les installations doivent être entièrement démantelées après leur mise hors service. Leur construction est toutefois soumise à autorisation du propriétaire, de la commune et du canton concernés. Cette disposition n'est valable que jusqu'à ce que la construction en Suisse de grandes installations photovoltaïques permette une production annuelle totale de 2 TWh. Il n'existe à l'heure actuelle aucune centrale de ce type en Suisse.

Quand elles sont suffisamment adaptées (peu réfléchissantes, dépassant peu du toit et groupées), les installations solaires en toitures sont exemptées d'autorisations de construire en zones à bâtir ou agricoles (Art. 18a LAT). Elles doivent simplement être annoncées avant le début des travaux auprès de l'autorité délivrant normalement l'autorisation (Art. 32 OAT). En dehors des sites d'importance nationale ou cantonale, l'intérêt du recours aux énergies renouvelables prime sur les autres aspects esthétiques (Art. 18a al.4 LAT). Les installations solaires sur des biens culturels ou dans des sites naturels d'importance cantonale ou nationale sont toujours soumises à une autorisation de construire. Elles ne doivent pas porter d'atteinte majeure à ces biens ou sites (Art. 18a al.3 LAT).

À l'échelon du Canton de Genève :

Les installations solaires ne sont pas soumises à une demande d'autorisation de construire si elles sont érigées en zone industrielle, sur des toits plats en zone à bâtir, ou si elles sont suffisamment adaptées aux toits en zone à bâtir ou agricole (Art. 1 LCI).

Les plans localisés de quartier, les plans directeurs de quartier et ceux prévus par la loi fédérale sur l'aménagement du territoire doivent comporter un concept énergétique territorial (CET) (Art. 11 Len-GE). Celui-ci inclut notamment le potentiel énergétique renouvelable local (Art. 6 Len-GE).

Comme expliqué par la chambre genevoise immobilière (CGI)⁴² : « *La Zone de développement est une spécificité genevoise. Principalement vouée au logement, elle est répartie en de multiples périmètres du territoire cantonal. Dès lors, cette zone est de relativement grande*

⁴² Zone de développement, Chambre genevoise immobilière, 2023

taille. En raison du manque de terrains à bâtir à Genève, environ 80 % des logements construits s’y réalisent chaque année. L’État de Genève exerce un contrôle strict sur la construction de logements en zone de développement. Le prix des terrains, l’implantation, le gabarit des immeubles, la taille des pièces des logements ou encore le coût de réalisation des immeubles sont contrôlés. L’État de Genève exerce un contrôle de 10 ans sur les prix des logements de la zone de développement qui sont donc sensiblement moins chers à l’achat que les logements non contrôlés ». En zone de développement, toute nouvelle construction doit faire l’objet d’une autorisation spécifique du Conseil d’État qui impose d’abord l’acceptation d’un plan localisé de quartier qui lui-même doit impérativement inclure un CET (Art. 2-3 LGZD).

Toute nouvelle construction ou rénovation doit prévoir l’installation de capteurs solaires thermiques en toitures couvrant au moins 30% des besoins en eau chaude sanitaire (Art. 15 Len-GE). Les normes suivantes sont imposées dans le canton de Genève en matière de prescriptions et standards énergétiques des bâtiments (Art. 12A-N REn) :

Standard	Neufs	Rénovation
HPE (haute performance énergétique)	Taux de production propre d’électricité est d’au moins 10W/m2 de surface de référence énergétiques.	Taux de production propre d’électricité est d’au moins 20W/m2 de surface d’emprise au sol du bâtiment.
	OU La pose de capteurs solaires thermiques couvre au moins 30% des besoins de chaleur pour l’eau chaude sanitaire. OU Alimentation en chaleur au moins à 50% renouvelable.	
THPE (très haute performance énergétique)	Taux de production propre d’électricité est d’au moins 30W/m2 de surface de référence énergétiques.	Taux de production propre d’électricité est d’au moins 20W/m2 de surface d’emprise au sol du bâtiment.
	OU La pose de capteurs solaires thermiques couvre au moins 50% des besoins de chaleur pour l’eau chaude sanitaire. OU Alimentation en chaleur au moins à 80% renouvelable.	

Bien que les mesures visant à utiliser du photovoltaïque soient répercutables en principe sur les loyers à Genève, la législation limite ce transfert. La loi sur les démolitions, transformations et rénovations de maisons d’habitation (mesures de soutien en faveur des locataires et de l’emploi) (LDTR) prévoit, en effet, qu’aucun bâtiment à destination d’habitation ne peut être

démoli, réaffecté, transformé ou rénové sans une autorisation du département cantonal en charge du logement. Cette disposition vise à limiter la disparition de biens en location (par une démolition ou un changement d'affectation de logement à bureau par exemple) ou une explosion des loyers en période de pénurie de logements. Seuls les villas et logements individuels échappent à cette règle. La délivrance d'autorisations pour ces opérations (dont la rénovation) est conditionnée à une fixation des loyers ou du prix de vente après travaux par l'État (Art.10 LDTR). Ces prix sont soumis au contrôle de l'État, pendant une période de 5 à 10 ans pour les constructions nouvelles et pendant une période de 3 ans pour les immeubles transformés ou rénovés (Art. 12 LDTR). Dans le cadre de ces loyers contrôlés, les mesures visant à utiliser les énergies renouvelables peuvent être répercutées sur les loyers (Art. 9 LDTR), mais sont limitées à la baisse prévisible des charges énergétiques du locataire, auquel peut être rajouté, si nécessaire, un montant correspondant à la contribution énergétique du locataire, qui ne peut pas dépasser 10 francs par pièce, par mois.

La loi sur la protection des monuments, de la nature et des sites (LPMNS), en plus de ses buts de protection, vise aussi explicitement la production d'énergies renouvelables lors de la rénovation d'immeubles au bénéfice d'une mesure de protection patrimoniale (Art. 1 LPMNS). En plus du classement et de la mise à l'inventaire, le Conseil d'État peut édicter un plan de site visant à spécifier les mesures d'aménagements et de conservation d'un site protégé. Les objets figurant à l'inventaire doivent faire l'objet d'une annonce de travaux (Art. 14 RPMNS). Les travaux sur des objets classés ou d'importance nationale doivent faire l'objet d'un préavis de l'Office du patrimoine avant autorisation du Conseil d'État (Art. 106 LCI).

Les modalités incitatives

À l'échelon fédéral :

La consommation propre et la vente pour consommation sur le lieu de production sont autorisées (Art. 16 LEne).

Grâce aux regroupements dans le cadre de la consommation propre (RCP) les propriétaires peuvent se regrouper afin de consommer en commun ou de fournir à leurs locataires l'électricité produite sur place (Art 17 LEne).

Pour la Confédération, cette consommation propre, ou le regroupement pour consommation propre (RCP), doivent constituer des incitatifs aussi importants que les mesures financières de subventionnement décrites ci-dessous. Cette autoconsommation doit permettre aux propriétaires de faire des économies sur leur facture d'électricité achetée aux opérateurs de réseaux, dans un contexte de hausse du prix du kWh en Suisse.

La production photovoltaïque réinjectée doit être rétribuée par les gestionnaires de réseaux (Art. 15 LEne).

Les communes et le Canton de Genève peuvent favoriser le recours aux énergies renouvelables par des subventions, des dégrèvements fiscaux ou des prêts (Art. 20 LEn-GE).

Un bonus conjoncturel à l'énergie peut être octroyé aux propriétaires qui ont demandé une autorisation de construire ou de rénovation pour couvrir la part des coûts d'installation de panneaux photovoltaïques ne pouvant pas être répercutée sur les loyers (Art. 15A Len-GE).

La RPC

Depuis 2009 et jusqu'en 2018, la rétribution à prix coûtant du courant injecté (RPC) prévoyait que l'énergie solaire produite soit rachetée par les exploitants de réseaux à un prix déterminé pour toute la durée de rétribution. Le taux de cette rétribution à l'injection était déterminé sur la base des coûts de revient d'installations de références. Le propriétaire d'un toit produisant moins de 10kW en 2012 pouvait avoir la garantie que l'électricité produite serait reprise à un prix fixe 40 centimes par kWh produit (prix déterminé en 2012 par l'OFEN) et ce pendant 25 ans. Il savait donc exactement ce que lui rapporterait la RPC sur la durée de vie de son installation et pouvait calculer son investissement en fonction de ce montant afin d'en déterminer la rentabilité garantie par l'état.

Le prix fixé par l'OFEN de la RPC par kWh a baissé régulièrement passant de 75 ct/kWh en 2009 à 40 ct/kWh en 2012 puis à environ 30 ct/kWh en 2015. En effet, le prix de référence des installations solaires calculé par l'OFEN a suivi la baisse du prix des installations solaires durant cette période. Les centrales devenant moins chères, leur incitatif se réduisait dans la même proportion.

En 2018, la durée de cette rétribution a été ramenée de 25 ans à 15 ans. L'ancienne RPC est transformée en système de rétribution de l'injection avec commercialisation directe dans laquelle les exploitants qui perçoivent la RPC à partir de 500 kW et ceux produisant 100 kW dans le nouveau système doivent eux-mêmes vendre leur électricité. La nouvelle prime d'injection est calculée par la différence entre le taux de rétribution et le prix de marché de référence calculé tous les trimestres par l'OFEN. Dans ce modèle, si le prix du marché de référence dépasse le taux de rétribution, la part excédentaire est facturée au producteur.

Il n'est plus possible pour de nouvelles installations de bénéficier du système de rétribution à l'injection sans vente directe depuis la fin 2022. Avec la disparition de la RPC, une nouvelle obligation est faite aux cantons et aux opérateurs électriques de racheter le courant photovoltaïque non consommé qui est réinjecté par les propriétaires-producteurs sur le réseau (Art. 15 LEnE).

La rétribution unique

Depuis 2014, la « rétribution unique » (RU) était proposée aux installations inférieures à 30 kW qui ne choisissaient pas la RPC. Depuis 2018, avec l'abandon de la RPC, et jusqu'en 2030 (Art. 38 LEnE), les installations inférieures à 100 kW peuvent aussi bénéficier de la RU. Celle-ci consiste en une subvention unique versée à l'installation de nouvelles centrales solaires, si elles sont supérieures à 2 kW. Elle se compose d'une contribution de base et d'une autre liée à la puissance (liée elle-même à la surface dans le cas du photovoltaïque).

Ce modèle incitatif prévoit différentes variantes de rétribution. Les éléments à noter issus de l'ordonnance sur l'encouragement de la production d'électricité issue d'énergies renouvelables (OEneR) sont les suivants :

- Les installations de moins de 100kW peuvent bénéficier de la « petite rétribution unique » (PRU). L'encouragement se calcule sur la base d'une contribution de base (700 Fr. pour une mise en service depuis le 1er avril 2021) et d'une contribution à la puissance par kW, qui diminue avec la taille de l'installation (380 Fr./kW pour les 30 premiers kW et 290 Fr./kW au-delà)⁴³. Toutefois, cette subvention ne peut pas dépasser 30% des coûts d'investissement d'une installation de référence calculée par l'OFEN pour cette puissance. Les petites installations entre 2 et 5 kW bénéficient en plus d'une contribution de base indépendante de la puissance. Cela revient environ à 500 francs/kW pour les installations de moins de 5 kW.
- Les installations de plus de 100kW peuvent bénéficier de la « grande rétribution unique » (GRU). Elle consiste en une subvention unique lors de l'installation calculée en fonction du nombre de kW de puissance installée. Toutefois, cette subvention ne peut pas dépasser 30% des coûts d'une installation de référence calculée par l'OFEN pour cette puissance.
- Depuis janvier 2023, afin d'encourager l'injection plutôt que l'autoconsommation (comme mentionné plus haut, le kWh autoconsommé est plus rentable financièrement que le kWh injecté), les installations de moins de 150 kW qui n'autoconsomment pas et injectent tout le courant produit peuvent bénéficier de la « rétribution unique élevée » (RUE). Elle consiste en une subvention unique lors de l'installation calculée en fonction du nombre de kW de puissance installée. Toutefois, cette subvention ne peut pas dépasser 60% des coûts d'une installation de référence calculée par l'OFEN pour cette puissance. Cette incitation peut donc en théorie représenter le double des GRU et PRU avec une couverture possible des 60% des coûts d'investissement.
- Les installations de plus de 150kW dédiées à l'injection totale doivent participer à des enchères pour bénéficier de la RUE. Cet instrument vise à mettre en concurrence les grands projets afin d'obtenir une meilleure efficacité de la subvention allouée⁴⁴ : *« L'organe d'exécution (Pronovo SA) organise des tours d'enchères régulièrement. Pour chaque tour d'enchères, l'OFEN fixe les échéances, la période de participation et le volume d'enchères. Pour chaque tour d'enchères, l'OFEN fixe une enchère maximale admise en CHF/kW. Les offres comprenant les coûts d'encouragement les plus avantageux par kW reçoivent l'adjudication ; elles sont sélectionnées les unes après les autres jusqu'à ce que le volume mis aux enchères soit atteint. Si la puissance totale des offres valables est inférieure au volume d'enchères annoncé, le volume d'enchères est automatiquement réduit à 90% de la puissance totale offerte »*. Pour les installations mises en service depuis le 1er avril 2021, la RUE se situe à 300 francs/kW environ pour les installations de plus de 300 kW.

⁴³ Encouragement des installations photovoltaïques, rétribution unique et bonus : ce qu'il faut savoir, Office fédéral de l'énergie OFEN, 2022

⁴⁴ Participation aux enchères pour le photovoltaïque, Office fédéral de l'énergie OFEN, 2022

- Les Alpes présentent l'avantage de bénéficier d'une plus grande irradiation par unité de surface et d'un temps d'exposition plus long du fait de leur altitude. Ces installations sont plus efficaces que des installations de plaines en hiver et permettraient de compenser durant cette saison le manque de production solaire générale. Afin d'encourager les projets d'importance dans ces régions, ceux-ci peuvent bénéficier de la « rétribution unique pour les grandes installations photovoltaïques alpines » (RU alpine). Elle est limitée aux installations projetant plus 10GW de production annuelle avec au minimum une puissance de 500 kWh/kWp en hiver.

À côté de ces subventions de base, des bonus sont offerts afin de favoriser un certain type d'installations ou de localisation :

- Un bonus « altitude » hors de zones à bâtir pour les installations de plus de 150kW et à plus de 1500m d'altitude.
- Un bonus « angle d'inclinaison » si l'angle de panneau par rapport au l'horizon et de plus de 75° (presque vertical). Cet encouragement répond au besoin de combler le manque d'énergie solaire attendu en hiver. La course du soleil étant moins haute dans le ciel pendant les saisons froides, les panneaux verticaux permettent une production plus importante pendant cette période durant laquelle les autres installations « habituelles » d'un angle d'environ 30° produisent moins.
- Un bonus « intégré » pour les panneaux intégrés à la construction plutôt qu'ajouter au bâti pour les installations recevant la PRU. Cet encouragement vise à augmenter les installations harmonieuses dans le bâti et systématiser son usage lors de la conception par la compensation des coûts parfois plus importants de ces systèmes moins standards. Elles servent, en plus de produire, à isoler et protéger le bâti.

Les installations ayant perçu la RU doivent garantir leur entretien pendant 15 ans (Art. 33 OEnER). Les installations ayant reçu la RUE ne peuvent pas autoconsommer leur production durant le même délai.

Aucun émoulement n'est perçu pour les procédures d'octroi de subventions fédérales (Art. 2 Oémol-En).

À l'échelon du Canton de Genève :

Les mesures visant à utiliser des énergies renouvelables peuvent être répercutées sur les loyers (Art. 15 Len-GE).

Le bonus conjoncturel à la rénovation, défini dans la LDTR, vise à aider les propriétaires qui ont demandé une autorisation de rénovation (nécessaire par exemple à la pose de photovoltaïque faute de solidité d'une toiture) et dont cette loi limite la possibilité de reporter une part des investissements sur les loyers. Cette subvention ne peut excéder 15% du coût des travaux de rénovation donnant droit à la rémunération du capital investi et ne peut pas être répercutée sur les loyers.

Le bonus conjoncturel à l'énergie vise à couvrir la partie du coût des travaux énergétiques (par exemple pose de photovoltaïque) qui ne pourra pas être répercutée sur les loyers (Art. 15 Len-GE). Ne sont concernés que les propriétaires d'immeubles d'habitation qui ont déposé une demande d'autorisation de construire pour des travaux de rénovation fondée sur la LDTR.

La loi instituant deux fonds pour le développement des énergies renouvelables et les économies d'énergie (LFDER) et son règlement d'application (RFDER) définissent deux modalités d'aide au photovoltaïque. Un premier « fond énergie en faveur des collectivités publiques » leur permet de percevoir des subventions pour leurs projets. Le second « fonds pour le développement des énergies renouvelables et les économies d'énergie » est destiné à des personnes physiques ou morales propriétaires d'immeubles. Il permet l'octroi de prêts, de cautionnements ou d'allocations afin d'encourager le développement des énergies renouvelables et indigènes. Il encourage notamment la substitution d'énergies fossiles par des EnR (pose de photovoltaïque). Seuls les projets dont le temps de retour sur l'investissement est proche sinon supérieur à la durée de vie des installations peuvent être soutenus afin d'améliorer leur rentabilité. Les critères d'attribution sont l'impact du projet sur la politique énergétique du canton en raison de l'importance de l'énergie renouvelable produite ou encore du caractère exemplaire et reproductible du projet et enfin le potentiel de développement technologique du projet.

En zone 5 (villas), les densités de bâtis autorisées sont augmentées pour les constructions ou rénovations qui respectent les standards énergétiques. Les bâtiments qui respectent le standard HPE peuvent bénéficier d'une densité majorée de 10% et celles respectant le THPE peuvent être augmentées de 20% (Art. 59 LCI). Comme évoqué, ces deux standards intègrent possiblement une autoproduction électrique. Cette densité augmentée constitue donc un incitatif pour les propriétaires à équiper leur bien d'éléments de production photovoltaïque à l'occasion de sa construction ou de sa rénovation dans la zone villa genevoise afin d'augmenter la rentabilité de leur investissement immobilier.

Les SIG ont signé une convention d'objectif avec le Canton de Genève pour la période 2020-2024. Celle-ci fixe différentes tâches d'intérêts publics (TIP) financées par le Canton parmi lesquelles un objectif d'encouragement aux propriétaires genevois par une prime solaire incitative déclinée par les SIG. Cette prime supplémentaire, offerte aux installations de moins de 100 kW, est d'un montant calculé de 33% de la RU perçue en 2023 pouvant donc représenter jusqu'à 10% des montants investis par le propriétaire⁴⁵. Elle s'élève à 50% de la subvention fédérale pour les installations soumises à des contraintes patrimoniales et subissant de ce fait un surcoût. En intégrant la RU, le propriétaire genevois peut donc bénéficier d'une couverture allant jusqu'à 40% du coût de son investissement photovoltaïque (hors bâti patrimonial). Jusqu'en 2022, afin de bénéficier de cette prime des SIG, les propriétaires devaient obligatoirement se fournir auprès de professionnels partenaires SIG-eco21 certifiés. Depuis 2023, cette obligation a été abrogée afin de permettre une plus large adoption.

L'administration fiscale cantonale genevoise a modifié sa pratique en matière d'impôt sur la fortune en 2022. Afin de favoriser les investissements à caractère écologique des propriétaires

⁴⁵ Mesure SIG - Installation Solaire Photovoltaïque, Services industriels de Genève SIG, 2023

(dont la pose de panneaux photovoltaïques), ces dépenses sont désormais considérées comme de frais d'entretien. Contrairement à la précédente pratique dans laquelle de tels investissements venaient augmenter la valeur du bien immobilier et donc l'impôt sur la fortune, cette nouvelle mesure protège le propriétaire s'équipant d'une hausse de son impôt sur la fortune. Ces frais d'entretien peuvent aussi être déduits du revenu imposable et bénéficier, si nécessaire, d'une déductibilité étalée dans le temps⁴⁶. En revanche, le montant perçu par le propriétaire de la part des SIG rétribuant le courant réinjecté est, lui, imposable au titre des gains immobiliers à Genève. C'est donc au même titre qu'un loyer ou qu'une subvention que ce revenu est fiscalisé. D'autres cantons, afin d'être plus incitatifs, ont décidé de défiscaliser une partie du courant réinjecté (par exemple Vaud et Valais ne taxent pas les 10'000 kWh annuels revendus⁴⁷). Cette taxation réduit d'autant le prix réellement perçu par le propriétaire pour le courant réinjecté.

À l'échelon des communes genevoises :

Certaines communes genevoises offrent une prime solaire supplémentaire à toutes celles déjà mentionnées (notamment Plan-les-Ouates, Bernex, Satigny, Meyrin, Lancy). Certaines d'entre elles sont supérieures à la prime SIG. Leurs modèles diffèrent selon la puissance installée, mais constituent, la plupart du temps, une prime correspondant à environ 50% de la RU. Une d'entre elles propose même un doublement de la RU. Les propriétaires de ces communes peuvent donc espérer une couverture allant jusqu'à 60% de leur investissement en cumulant les subventions fédérales, cantonales et communales.

Les modalités persuasives :

À l'échelon fédéral :

Le public reçoit des informations sur le recours aux énergies renouvelables (Art. 47 LEne). Les projets pilotes et de démonstration peuvent être soutenus par l'OFEN comme projets phares qui permettent de faire connaître de nouvelles technologies et favorisent le dialogue dans la population (Art. 54 OEne).

Les modalités de fourniture directe de biens et services :

À l'échelon fédéral :

Les propriétaires peuvent solliciter des conseils sur leurs propres possibilités de production solaire (Art. 47 LEne). L'Office fédéral de l'énergie via son programme « SuisseEnergie » (non spécifique au solaire) propose aux propriétaires un service d'évaluation en ligne des devis qu'ils reçoivent de professionnels fournisseurs et installateurs en matière d'installations photovoltaïques. Ce service vise à rassurer les propriétaires et à les aider à s'équiper⁴⁸.

Les pouvoirs publics soutiennent les formations du domaine du photovoltaïque (Art. 48 LEne).

⁴⁶ Notice N° 1/2022 - Déductibilité des frais d'entretien des immeubles privés, Administration fiscale cantonale genevoise AFC, 2022

⁴⁷ Fiscalité des installations photovoltaïques, SuisseEnergie, 2020

⁴⁸ Check-devis-solaire, SuisseEnergie, 2023

Les pouvoirs publics soutiennent la recherche et le développement en matière solaire (Art. 49 LEne).

Les éléments procéduraux

À l'échelon fédéral :

L'organe d'exécution (Pronovo SA) facture une fois par trimestre le supplément réseau aux gestionnaires de réseaux (Art. 35 OEne). Si le besoin financier varie d'au moins 0,05 ct/kWh, le DETEC soumet une demande de modification du montant du supplément réseau au Conseil Fédéral.

La Confédération peut fournir ses encouragements à la formation et au conseil sous forme d'une « contribution globale » aux Cantons ou par une aide financière spécifique aux projets (Art. 51 LEne). Les contributions globales ne concernent que les projets de conseils et d'information ou la formation et la formation continue. Les demandes de contributions globales pour des projets individuels doivent être transmises à l'OFEN (Art. 64 OEne).

Les demandes pour la RU doivent être faites après la mise en service (Art. 41 OEneR) auprès de l'organe d'exécution qui fixe le montant de la rétribution (Art 42 OEneR). Pour les demandes de GRU (>100kW) une acceptation de principe peut être obtenue auprès de l'organe d'exécution avant la réalisation qui devra se faire dans les 12 mois en général (exceptions prévues) (Art. 45 OEner). Ces demandes doivent être adressées par les propriétaires sur le site internet de Pronovo, sans que les SIG n'interviennent. Pour les installations de plus de 150 kW visant l'injection totale, les enchères (dont le fonctionnement a été expliqué précédemment) sont organisées par Pronovo qui annonce les enveloppes et échéances et traite les offres sous le pilotage de l'OFEN.

Les producteurs solaires (même simples propriétaires) doivent faire enregistrer leurs installations de production auprès de l'organe d'exécution au moyen des garanties d'origine si leur puissance est de plus de 2kW (Art.2 OEne). Les centrales solaires de moins de 100 kW peuvent faire enregistrer leur installation de production grâce au certificat de l'exploitant de la station de mesure (souvent l'exploitant de réseau) (Art. 2 OGOM). L'organe d'exécution vérifie régulièrement les données enregistrées pour l'installation et sa production.

Les décisions de l'organe d'exécution (Pronovo SA) peuvent faire l'objet de recours (Art. 66 LEne).

L'organe d'exécution soumet une demande budgétaire et le catalogue de prestations pour l'année civile suivante pour approbation à l'OFEN (Art. 72 OEne).

Le prix de rachat de l'électricité injectée par les gestionnaires de réseaux est déterminé par le coût de l'achat d'une « électricité équivalente » (quantité, profil de puissance, réglage et planification de la puissance) (Art. 12 OEne). Les gestionnaires réseaux doivent communiquer à l'organe d'exécution la quantité d'électricité produite par producteur chaque trimestre (Art. 6 OEne).

À l'échelon du Canton de Genève :

Les demandes de bonus conjoncturel à l'énergie sont traitées par le département genevois de l'énergie. Le bonus conjoncturel à la rénovation est traité par le département du territoire. Ces demandes doivent être introduites au moment du dépôt de la demande d'autorisation LDTR. Ces deux types de subventions sont, malgré cela, préavisées par une seule et même commission cantonale d'attribution. Ces subventions sont accordées seulement si toutes les autres subventions disponibles ont été sollicitées (Art. 13L REn).

Les demandes pour le fonds pour le développement des énergies renouvelables et les économies d'énergie sont à adresser l'office cantonal de l'énergie (OCE). Une commission d'attribution ad hoc préavise ces demandes et le département de l'énergie rend la décision.

Les autorisations de construire sont traitées par le département du territoire (Art. 3 LCI). Elles sont soumises au préavis uniquement consultatif des communes. Le département du territoire coordonne les diverses procédures relatives aux différentes autorisations et approbations requises (par exemple en matière de protection en sollicitant le service du patrimoine) (Art. 3A LCI).

Les éléments évaluatifs

À l'échelon fédéral :

Les cantons font rapport à l'OFEN annuellement de l'efficacité de leur programme d'encouragement en fonction du montant de leur crédit. C'est sur cette base que le montant de la contribution globale octroyée au canton est calculé (Art. 52 LEne).

L'OFEN réalise une analyse périodique de l'atteinte de valeurs visées en matière de production indigène photovoltaïque ainsi que de l'efficacité des instruments d'encouragement en vue de leur planification (Art. 97 OEneR). L'OFEN publie les résultats de cette évaluation.

Le Conseil Fédéral évalue tous les cinq ans l'atteinte de valeurs fixées et décide des nouveaux moyens et objectifs à atteindre (Art. 55 LEne).

À l'échelon du Canton de Genève :

Le département cantonal de l'énergie rassemble les données et établit la statistique de l'énergie du canton (Art. 6 Ren).

7.6 L'arrangement politico-administratif

La Confédération

La Confédération et les Cantons doivent coordonner leur politique énergétique et tenir compte des efforts des milieux économiques et des communes (Art.4 LEne).

La Confédération soutient la méthodologie des Cantons et coordonne la vue d'ensemble ainsi que sa cohérence (Art 11. LEne).

Le Conseil Fédéral fixe les modalités de la rétribution de l'injection (Art. 19 al. 7 LEne) et fixe les modalités de détermination du prix de référence (Art. 23 LEne).

Le Conseil Fédéral fixe les modalités des contributions d'investissement (RU) (Art. 29 LEne).
Le Conseil Fédéral fixe le montant du supplément réseau (Art. 35 LEne).

Le fonds alimenté par le supplément réseau est administré par le département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC) (Art.37 LEne).

La Confédération assure (en coordination avec les cantons) l'information du public sur les énergies renouvelables (Art. 47 LEne). Elle peut confier cette tâche à des acteurs privés.

La Confédération encourage la recherche et le développement en matière solaire (Art. 49 LEne).

L'OFEN est chargé de suivre et d'évaluer la politique publique : production d'électricité issue de renouvelables ainsi que l'impact et l'efficacité des mesures de politique énergétique (Art. 69 OEn).

Les Cantons

Les Cantons ont la charge d'élaborer les procédures d'autorisation pour les centrales solaires et arbitrent les intérêts publics divergents pouvant ressortir de différentes politiques publiques : p. ex. protection patrimoniale et développement solaire (Art. 14 LEne).

Les Cantons édictent les dispositions en lien avec le bâti existant ou à construire en matière de production d'énergie renouvelable et notamment choisissent de rendre les certificats de construction obligatoires et leurs conditions (Art. 45 LEne).

Les Cantons peuvent définir des zones dans lesquelles la pose de panneaux est possible sans autorisation de construire, ou au contraire, forcer l'obtention d'une autorisation de construire dans des zones à protéger (Art. 18a LAT).

Les Cantons sont compétents pour définir les exceptions à l'obligation d'équiper les bâtiments de plus de 300 m² de panneaux solaires (pour motifs techniques, économiques, contraires au droit public) (Art. 45a LEne).

Les Cantons conseillent le public sur les énergies renouvelables (Art. 47 LEne). Ils peuvent confier cette activité à des acteurs privés.

Les Cantons doivent intégrer dans leurs plans directeurs les parties du territoire qui se prêtent à la production d'électricité issue d'énergies renouvelables (Art. 6 LAT).

Le Canton de Genève spécifiquement

Le Canton de Genève peut participer à la recherche et au développement d'énergies renouvelables, notamment avec les SIG (Art. 5 Len-GE).

Le département chargé de l'énergie est compétent pour demander une mise à jour du concept énergétique territorial (Art. 12A Ren).

Le Conseil d'État élabore un concept général en matière d'énergie qui établit les objectifs et les priorités de la politique énergétique du Canton ainsi que les mesures pour y parvenir. Ce concept doit aussi inclure le plan directeur de l'énergie (PDEn) (Art. 10 Len-GE).

La commission cantonale des monuments, de la nature et des sites (CMNS) est consultée par l'Office du patrimoine même pour les simples travaux ordinaires d'entretien et les transformations de peu d'importance des monuments classés inscrits à l'inventaire cantonal, classé ou situé dans le périmètre d'un plan de site (Art. 5 RPMNS). Il faut noter un récent affaiblissement de son rôle. Dans un dossier de refus du Canton d'autoriser la pose de panneaux solaires en zone villageoise protégée 4B, un arrêt du tribunal de 2022 pointe le « dogmatisme extrême » de la CMNS genevoise⁴⁹. En novembre 2022, le parlement a supprimé l'obligation d'obtenir une autorisation pour la pose de panneaux solaires dans les zones villageoises d'intérêt patrimonial 4B protégées. La proportion du bâti genevois soumise à cette obligation est passée de 30% à 15% et ne représente plus que 13'000 objets aujourd'hui. Ce sont désormais uniquement les objets figurant spécifiquement à l'inventaire cantonal, fédéral (ISOS) ou en zone protégée qui sont encore soumis à demande d'autorisation pour la pose de panneaux : principalement la Vielle-Ville, la « ceinture » Fazy, le plan de site de Carouge, Hermance et Dardany (Art. 28 LaLAT).

Le département chargé de l'énergie est l'autorité compétente chargée de l'application de la loi sur l'énergie à Genève (Art. 1 Ren). Il réalise la statistique de l'énergie (Art. 6 Ren).

Les communes genevoises

Le canton et les communes sont chargés d'assurer un approvisionnement énergétique respectueux de l'environnement (Art. 4 Len-GE). Ils encouragent l'utilisation d'énergie renouvelable et indigène (Art. 19 Len-GE).

⁴⁹ Arrêt du 23 août 2022, ATA/826/2022, Cour de justice de la Chambre administrative de la République et Canton de Genève, 2022

La Confédération avec les Cantons (tâches partagées) :

Ils encouragent les formations et formations continues dans le domaine solaire pour les personnes en charge de la politique publique et celles en charge d'installer les centrales (Art. 48 LEne)

Ils peuvent encourager des projets pilotes, essais et autres analyses de terrain en matières solaire (Art. 49 LEne).

L'organe d'exécution (Pronovo SA)

L'organe d'exécution perçoit auprès des gestionnaires de réseaux le supplément réseau (Art. 35 LEne).

L'organe d'exécution, par délégation de la Confédération, s'occupe des garanties d'origine, de la rétribution à l'injection, des rétributions uniques. Pour les cas de grande importance, il se concerta avec l'Office fédéral de l'énergie de la Confédération (OFEN) (Art. 63 LEne).

Les gestionnaires de réseaux

Les gestionnaires de réseaux ont l'obligation de reprendre et de rétribuer l'énergie solaire produite (Art. 15 LEne).

Les gestionnaires de réseaux facturent le supplément réseau aux consommateurs finaux (Art. 35 LEne).

Les SIG peuvent construire ou acquérir tout moyen de production électrique dont photovoltaïque (Art. 1 LSIG). Ils doivent rétribuer l'électricité photovoltaïque produite dans le canton qui ne serait pas déjà rétribuée à l'échelon fédéral et peuvent la revendre avec une plus-value écologique sur le marché du courant certifié. La convection d'objectif des SIG⁵⁰ prévoit aussi un montant de production photovoltaïque à développement pour leur propre production.

7.7 Les plans d'action

Nous entendons par plans d'action « *l'ensemble des décisions de planification considérées comme nécessaires à la production coordonnée et ciblée de prestations administratives (outputs)* »⁵¹. Produits individuels et abstraits, ce sont ces plans qui doivent permettre le pilotage de la politique en fixant les priorités de cette production et l'allocation de ressources nécessaires à ces décisions et activités administratives. Les plans d'action devraient idéalement définir à quels groupes cibles les prestations doivent prioritairement être offertes et quelles autorités politico-administratives dédient les ressources à cette fin.

⁵⁰ Convention d'objectifs période entre le Canton de Genève et les Services industriels de Genève pour la période 2020-2024, Conseil d'État de la République et canton de Genève, 2021

⁵¹ Analyse et pilotage des politiques publiques - Volume 2, Peter Knoepfel, et al., 2022

À l'échelon fédéral :

En matière de prestations fédérales (principalement la RU), Pronovo SA est l'organe d'exécution choisi par la Confédération pour les délivrer. Les modalités de la RU étant définies dans l'OEnER, la priorisation et la discrimination des différents publics-cibles sont donc déjà imposées. Dans les faits, il n'existe aucun critère de priorité des demandes de subventions photovoltaïques. Le principe de « premier arrivé, premier servi » prévaut. Des critères de priorité ne s'appliquent uniquement qu'aux installations de plus de 150 kW dédiées à l'injection pure qui doivent participer à des enchères d'attribution de la RUE. Dans cette seule catégorie, les propriétaires de telles installations doivent soumettre une offre à Pronovo du montant de subvention demandé par kW installé. Ce prix ne peut être supérieur à un montant maximum, communiqué par Pronovo au début du processus, qui correspond à 60% du prix, calculé par l'OFEN, pour l'installation d'une centrale équivalente (même principe que le prix de l'installation de référence utilisé pour les autres types de subventions). Les offres sont ensuite classées du prix le plus bas au prix d'enchère par kW le plus élevé. L'adjudication est faite du projet le moins coûteux par kW au plus cher. L'adjudication s'arrête quand l'enveloppe de puissance totale en kW mis aux enchères pour ce tour est atteinte. Il y a donc un critère appliqué priorisant le coût par kW subventionné le plus bas qui favorise les installations les plus efficaces du point de vue économique. Ainsi des enchères sont prévues pour les installations à injection totale de plus de 150 kW, quand les installations de moins de 150kW sont « assurées » d'être soutenues. Le seul élément pouvant tenir lieu de plan d'action qui ne soit pas déjà prévu par le PPA peut être le budget octroyé à Pronovo sur la base de ses demandes.

Les contributions globales sont versées aux cantons sur la base de leurs propositions de projets en matière d'information, de conseil ou de formation. Cette approche « bottom-up » semble ne pas laisser de place à une réelle planification et donc d'un plan d'action de l'OFEN autre que l'enveloppe globale dévolue à cette fin.

À l'échelon du Canton de Genève :

Le plan directeur cantonal de l'énergie fixe les objectifs en matière de solaire photovoltaïque. Il est accompagné de fiches thématiques détaillant les plans d'action parmi lesquelles celui en matière de photovoltaïque⁵². Ce document est très vague, se bornant à détailler de grands axes de moyens comme : « *Accompagner les propriétaires immobiliers (financement, appels d'offres groupés, aides financières, tarif de rachat...)* », « Engager des études prospectives et étendre le cadastre solaire à l'échelle du Grand Genève », « *Assurer une meilleure coordination avec la protection du patrimoine et clarifier les engagements de l'État en ce qui concerne l'exemplarité de son action* ». En revanche, il ne détaille ni les priorités dans cette stratégie afin d'y parvenir ni de critères de sélection ou de priorisation dans la délivrance des subventions aux différents types de propriétaires ou des moyens dédiés à ces mesures.

Le rôle de producteur et d'incitateur de photovoltaïque donné aux SIG par le canton figure en revanche dans la convention d'objectif passée entre le Canton et les SIG pour la période

⁵² Développer massivement le solaire thermique et photovoltaïque dans le canton de Genève, Canton de Genève, 2020

2020-2024⁵³: « incitation et soutien aux autoproducteurs et réalisation d'installations solaires photovoltaïques », « les SIG contribuent au développement massif de l'énergie solaire sur le canton, selon les objectifs fixés par le plan directeur de l'énergie. Il s'agit notamment d'inciter les propriétaires à valoriser le potentiel solaire de leurs bâtiments, en collaboration avec le Canton, les communes et les professionnels concernés et dans le respect des autres politiques publiques concernées (notamment patrimoine, biodiversité et eau) ». On comprend donc que les SIG sont l'acteur en charge pour le Canton de la mise en œuvre de la politique solaire. La convention d'objectifs contient aussi une liste de tâches d'intérêts publics (TIP) qui détaille les modalités de l'atteinte des objectifs fixés, mais aussi les moyens mis en regard de ceux-ci. C'est donc les SIG qui héritent du rôle d'incitateur solaire cantonal afin d'atteindre 350 MWc d'installations solaires en 2030.

Pour chaque TIP une enveloppe est fixée d'entente entre les SIG et le Conseil d'État pour une période de la convention soit de cinq ans⁵⁴. Pour la TIP solaire, ce montant est de 11 millions de francs pour la période 2020-2024.

Sont aussi joints à la convention les indicateurs de suivi. Pour les installations solaires du Canton incitées, l'objectif est d'atteindre 40MWc de puissance installée par les propriétaires du canton en 2024 (contre 18 MWc en 2020).

Au sein des SIG, et de manière non publique, des documents stratégiques renseignent sur le plan d'action imaginé afin de répondre aux TIP photovoltaïques parmi lesquels : le plan directeur métier ECO21⁵⁵ solaire sur les incitations aux autoreproducteurs et la stratégie transversale solaire photovoltaïque (PV)⁵⁶ qui détaille les objectifs internes intermédiaires en qualité de producteur, mais aussi d'incitateur. On trouve parmi les mesures d'incitation : « incitations financières, sensibilisation, animation d'un réseau de partenaires, offres clés en main via réseau des partenaires labellisés ou en direct si la valeur ajoutée est démontrée, accompagnement, organisation d'appels d'offres groupés ». Ces documents internes à cet acteur de droit public qui reçoit par délégation du Canton la tâche de mise en œuvre de la politique publique constituent un plan d'action implicite.

7.8 Les actes de mise en œuvre (outputs)

Nous recensons ici les mesures ayant bénéficié au solaire genevois uniquement qu'elles soient fédérales, cantonales ou communales.

Les actes de mise en œuvre persuasifs :

Le cadastre solaire genevois :

⁵³ Convention d'objectifs période entre le Canton de Genève et les Services industriels de Genève pour la période 2020-2024, Conseil d'État de la République et canton de Genève, 2021

⁵⁴ Projet de loi approuvant le rapport de gestion des Services industriels de Genève (SIG) pour l'année 2022, Canton de Genève, 2023

⁵⁵ Plan directeur métier, Services industriels de Genève SIG, 2022

⁵⁶ Stratégie transversale solaire photovoltaïque (PV), Services industriels de Genève SIG, 2022

Le Canton de Genève a développé un outil d'information ouvert à tous : le cadastre solaire. « Disponible depuis 2020, il cartographie le potentiel de production solaire sur tout le territoire. Il fournit des données techniques sur les toitures pour la mise en place de panneaux solaires thermiques et photovoltaïques. Une nouvelle application Web permet désormais de simuler pour chaque bâtiment la part de production qui pourrait être autoconsommée. Il a été développé avec le soutien de l'État de Genève (Office cantonal de l'énergie OCEN) et des Services industriels de Genève (SIG). L'application fournit des données techniques et économiques pour réaliser une pré-étude d'autoconsommation. Elle se base sur les données du potentiel solaire, de la consommation électrique estimée et des courbes de charge horaires liées au type de bâtiment. L'utilisateur peut ensuite fournir des détails sur sa consommation, selon ses différents usages électriques (pompe à chaleur, voiture électrique), permettant d'affiner le potentiel d'autoconsommation. »⁵⁷

Grâce à ce cadastre, les Genevois peuvent notamment obtenir les informations cartographiques suivantes⁵⁸ :

- **Les données de base par bâtiment :** « la couche contient les données de base permettant d'évaluer le potentiel solaire par bâtiment. Ces données portent notamment sur la répartition des surfaces de toitures par tranche d'irradiation et la répartition mensuelle de l'irradiation solaire. »
- **L'irradiation brute par surface utile (y c. couvert et parking) :** « Cette couche comprend les surfaces utiles où l'irradiation solaire brute annuelle dépasse 1000 kWh/m².an. »
- **Le type de surface de base (toiture couverte, parking) :** « Cette couche ne contient pas de valeur d'irradiations, mais des typologies de surface de base sur lesquelles des valeurs d'irradiations et de production énergétique sont calculées. Chaque surface de base est identifiée par un numéro (ID_Surface). »
- **Le potentiel photovoltaïque (PV) par bâtiment:** « la couche du potentiel photovoltaïque par bâtiment (EGID) représente et regroupe les informations relatives au potentiel d'énergie PV de la somme des surfaces bien exposées (qui ont une irradiation solaire brute annuelle > 1000 [kWh/m² an], nommées surfaces utiles) par bâtiment. Ces informations de potentiels portent notamment sur la quantité d'énergie annuelle et mensuelle, la puissance électrique de crête, la surface des capteurs, la part de la surface occupée par les capteurs, et des données économiques (frais d'investissement, charges, recettes). »

Cet outil vise à répondre au besoin d'informations techniques des propriétaires quant au potentiel solaire de leur bâtiment spécifique et de son calcul de rentabilité théorique, préalable à toute décision d'équipement.

⁵⁷ La pose de panneaux solaires facilitée avec le nouveau cadastre solaire du Grand Genève, État de Genève, 2020

⁵⁸ Cadastre solaire, État de Genève,

Le guide pour les installations solaires à Genève

Suite aux premiers cas judiciairisés d'oppositions du Canton à certaines installations photovoltaïques en zone 4b protégée, la justice a donné raison aux autoproducteurs. Elle a aussi pointé l'excès d'arbitraire de la part des services du Canton dans l'évaluation de ces demandes. Afin de clarifier pour tous les critères désormais applicables, notamment après la modification législative affaiblissant l'obligation d'autorisation pour du photovoltaïque en zone 4B protégée, l'OCEN a mis à disposition ce guide public⁵⁹ à vocation d'objectivation des critères applicables en la matière d'autorisation et notamment en regard des impératifs de protection qui demeurent pour le patrimoine inventorié ou individuellement classé. Parmi ces critères figurent notamment l'âge et l'état de la toiture qui doit permettre une exploitation de 20 ans au minimum, un dimensionnement suffisant du raccordement électrique du bâtiment permettant d'injecter le courant non utilisé dans le réseau, et la zone ne doit pas être protégée au plan cantonal sans quoi une demande d'autorisation de construire est nécessaire. En matière de protection du bâti, ce document considère quatre cas de figure en détaillant les implications pour les propriétaires résumés dans le tableau suivant :

Figure 13- Conditions selon critères patrimoniaux⁵⁹

		1. VISIBILITÉ	2. SOLUTIONS D'IMPLANTATION			
		Préservation des vues directes depuis les voies IVS	Pan incliné complet pose affleurée et couleur assortie	Rectangle unique dans pan incliné, pose affleurée et couleur assortie	Toiture plate non-accessible et terrassons (< 10°), pose «à plat»	Annexes de peu d'importance, pose affleurée et couleur assortie
VALEUR PATRIMONIALE	I Bâtiments à haute valeur patrimoniale	Concerné	Pas admis	Pas admis	Requis	Requis
	II Bâtiments dans un paysage de haute valeur patrimoniale	Concerné	Requis	Requis	Requis	Requis
	III Bâtiments dans un périmètre protégé	Non-concerné	Recommandé	Recommandé	Recommandé	Recommandé
	IV Plans de site avec règlement spécifique		Selon règlement			

Le site d'information ge-energie

L'État et SIG ont lancé une nouvelle plateforme internet commune facilitant l'accès aux mesures d'encouragement et d'accompagnement pour la réalisation de projets liés à la transition énergétique. Cette plateforme interactive permet aux particuliers, propriétaires de biens immobiliers, entreprises et communes de disposer d'un accès facilité aux informations liées à l'optimisation de l'efficacité énergétique du bâti et aux diverses subventions offertes pour la rénovation énergétique des bâtiments et au photovoltaïque.

⁵⁹ Guide pour les installations solaires à Genève, État de Genève, 2022

Les séances de sensibilisation aux propriétaires

Les Communes organisent, en partenariat avec les services de l'État et les SIG, des séances d'informations publiques auprès des propriétaires de leur territoire faisant participer les différents intervenants des politiques publiques touchant à la rénovation, la performance énergétique des bâtiments et aux énergies renouvelables. Dans ce cadre, les SIG interviennent dans leur rôle de promoteurs du photovoltaïque. D'autres intervenants expliquent notamment la nécessité de ne pas simplement installer des panneaux solaires sans aborder la rénovation plus large des bâtiments dans un souci d'économie d'énergie. La maximisation de l'autoconsommation est aussi abordée en présentant des exemples de calculs financiers de rentabilité des installations solaires démontrant l'intérêt d'installer une PAC ou une borne de recharge pour voiture électrique au moment de l'équipement photovoltaïque.

Les actes de mise en œuvre incitatifs :

Pour la Confédération l'autoconsommation (ou le regroupement pour consommation propre RCP) et la RU sont les deux principaux instruments de son intervention incitative.

La RU fédérale globale

Le montant moyen de la RU par kilowatt installé a largement baissé cette dernière décennie avec la baisse du prix des technologies solaires constituant l'installation de référence sur laquelle l'OFEN se base pour calculer le plafond de sa contribution.

Le nombre de demandes de RU (EIV en allemand) a connu une forte baisse en 2018 (suite à une annonce d'un délai d'attente pour les demandes passant de 3 mois à 2 ans) avant d'augmenter ensuite régulièrement. Les demandes de RU entre 2014 et 2017 correspondent pour la majorité à d'anciennes demandes introduites sous forme de la RPC et muées en demandes de GRU (GREIV en allemand) après 2018. En considérant la répartition par puissance, on se rend compte que les demandes de GRU (>100kW), bien que minoritaires en nombre, constituent une part non négligeable de la puissance projetée entre 2018 et 2020. En effet, les demandes de PRU (<100kW) ont représenté entre 2018 et 2020 97% des demandes, mais seulement 60% de la dotation projetée.

Figure 14 - Nombre de demandes par années d'inscription de la demande RU⁶⁰

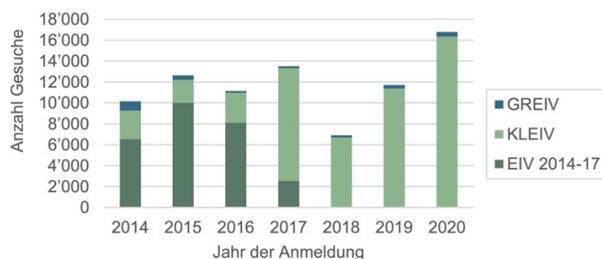
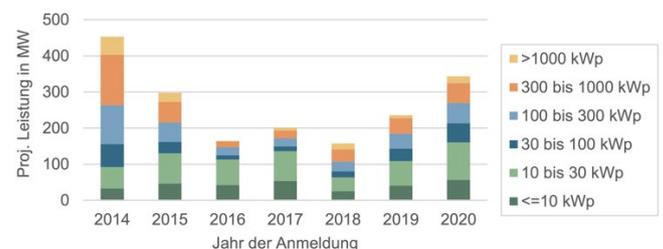


Figure 15 - Répartition des demandes de RU par catégories de puissance⁶⁰



⁶⁰ Évaluation externe des rétributions uniques pour les installations photovoltaïques et les regroupements pour l'autoconsommation (ZEV) de 2018 à 2020, Office fédéral de l'énergie OFEN, 2022

Entre 2018 et 2020, 96% des demandes ont pu être finalement réalisées représentant près de 78% de la puissance annoncée. La puissance moyenne des installations PRU était de 13 kW et celle de la GRU 246 kW. Durant cette période durant laquelle la RPC était encore disponible, seules 58% des installations réalisées et 61% de la puissance installée ont bénéficié de la nouvelle RU.

157 millions de francs ont été engagés au titre de la RU pour une puissance installée PRU de 235 MW et GRU de 117 MW entre 2018 et 2020. La subvention moyenne était donc de 445.- francs par kW installé. Il est à noter que durant cette période le coût d'investissement moyen pour le propriétaire était estimé à 1980.- francs par kW installé. La part de la RU représentait donc en moyenne 22% de l'investissement réalisé. En 2021, ce sont près de 700 MW qui ont été installés et, en 2022, 29000 installations représentant 400 MW ont bénéficié de la RU pour 150 millions de francs. Pour 2023, la Confédération a prévu de dédier une enveloppe de 600 millions de francs au développement du photovoltaïque⁶¹. Au final, jusqu'à la fin 2022, c'est plus de 130'000 installations en Suisse représentant une production nouvelle annuelle de 2,6 TWh qui ont pu bénéficier de la RU pour un montant cumulé de 1,5 milliard.

La RU fédérale dans le Canton de Genève

En extrayant les données genevoises de la statistique fédérale de l'OFEN⁶² sur les rétributions uniques pour installations photovoltaïques, on constate une forte augmentation du nombre de projets soutenus et de la puissance installée subventionnée surtout depuis 2019.

Figure 16- Nombre annuel de projets genevois soutenus par la RU⁶²

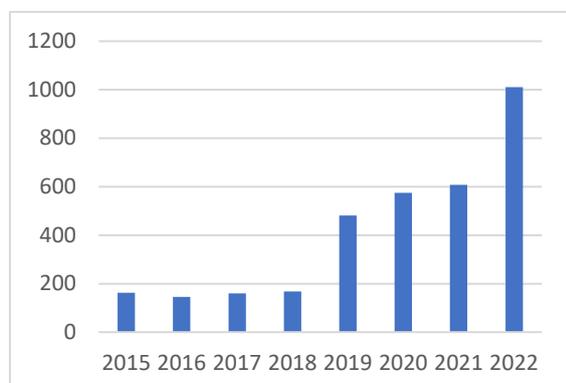
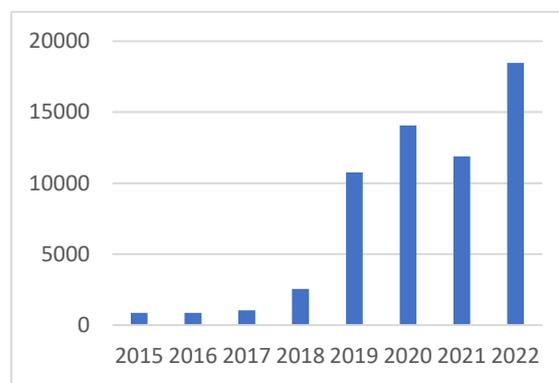


Figure 17 - Puissance annuelle nouvelle (en kWc) subventionnée par la RU dans le canton de Genève⁶²



Le montant de la subvention fédérale par puissance installée (CHF / kWc) a, elle, globalement baissé au cours du temps suivant la baisse du prix de l'installation de référence calculé annuellement par l'OFEN, passant de plus de 1000.- CHF par kWc installé en 2015 à près de 400.- CHF aujourd'hui.

⁶¹ Encouragement de la production d'électricité issue des énergies renouvelables en 2023: 600 millions de francs pour les installations photovoltaïques, Office fédéral de l'énergie OFEN, 2022

⁶² Développement de l'énergie solaire dans les cantons jusqu'à fin 2021, Office fédéral de l'énergie OFEN, 2021

Figure 18 - Évolution de la subvention fédérale par kWc solaire installé dans le canton de Genève⁶²

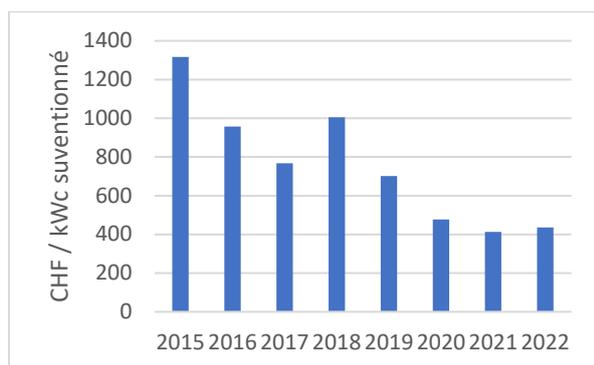
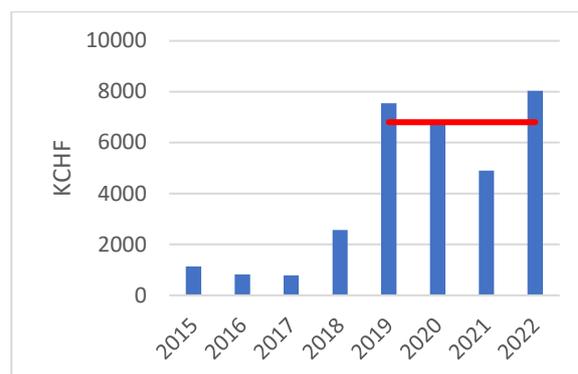


Figure 19 - Montant annuel de la RU octroyée dans le canton de Genève⁶²



On constate que malgré cette baisse du montant de subvention par kWc installé, la dotation globale en RU perçue par les propriétaires genevois a connu une augmentation marquée en 2019 vers une moyenne ces quatre dernières années de 700 millions de francs par an du fait de l'augmentation du nombre de projets genevois financés.

La subvention SIG depuis 2020

Sollicités sur les montants des subventions perçues pour chaque projet genevois ayant bénéficié de la prime solaire attribuée par les SIG pour le canton, ceux-ci nous ont malheureusement indiqué ne pas pouvoir nous transmettre de tels éléments. Au moment de ce travail, le système de suivi statistique des SIG est en pleine refonte rendant toute extraction impossible. Par ailleurs, la loi genevoise en matière de protection des données devrait aussi limiter une telle transmission quand bien même celle-ci serait réalisable techniquement selon les SIG. En revanche, les SIG ont pu nous communiquer des chiffres globaux non financiers.

Afin d'approximer l'importance de cette prime, nous pouvons toutefois nous baser sur les chiffres contenus dans le plan directeur métier des SIG, les rapports d'activités des SIG ainsi que dans le projet de loi approuvant le rapport de gestion des Services industriels de Genève (SIG) pour l'année 2022. Le Budget autorisé aux SIG de 11 millions de francs pour la TIP solaire sur la période 2020-2024, doit couvrir aussi bien la subvention solaire cantonale offerte aux propriétaires privés que certains projets de SIG producteurs solaires. En 2022, les SIG ont demandé au Canton une première tranche de 4,6 MCHF sur ces 11 MCHF répartis en 1,9 MCHF pour la subvention solaire et 2,7 MCHF pour des centrales solaires « innovantes » peu rentables pour son propre compte⁶³.

Le modèle de subventions de la prime solaire SIG n'a cessé d'évoluer au cours des années. La nature même des installations pouvant bénéficier de cet encouragement a elle aussi varié dans le temps.

⁶³ Projet de loi approuvant le rapport de gestion des Services industriels de Genève (SIG) pour l'année 2022, Canton de Genève, 2023

Année	Montant de la prime solaire	Condition d'octroi
2020	100% de la RU	NC
2021	50% de la RU	Puissance inférieure à 30 kWc
2022	30% de la RU	Puissance inférieure à 100 kWc
2023	30% de la RU	Puissance inférieure à 100 kWc
2024	20% de la RU	Puissance inférieure à 30 kWc

Les subventions communales

Selon nos recherches, seules cinq communes offrent au moment de ce travail une subvention à l'équipement photovoltaïque sur les 45 communes que compte le canton de Genève. Les modalités de ces subventions sont définies dans des règlements communaux propres à chaque commune sur l'encouragement au photovoltaïque voté par les conseils municipaux. Les ressources financières dédiées à ces subventions sont prises sur un budget de fonctionnement ou bénéficient d'un fonds voté par le conseil municipal dédié à cette action.

Parmi ces cinq communes, seules trois ont accepté de nous communiquer leurs chiffres en la matière. Les autres se sont soit retranchées derrière la loi genevoise en matière de protection des données pour ne pas nous communiquer leur détail.

Commune	Modèle de subventionnement	Début	Montant 2022 alloué	Montant 2023 alloué jusqu'en octobre	Nombre de projets 2022-2023	Type de bâti équipé
Bernex	50 % de la RU	2022	11'500.- CHF	76'200.- CHF	42	Villas
Satigny	50 % de la RU	2023	Pas encore de programme	8'300.- CHF	3	Villas
Meyrin ⁶⁴	50 % de la RU max. 50 KCHF	2017	19'830.- CHF	26'782.- CHF	25	Villas + 1 commerce
Plan-les-Ouates	Selon puissance de l'installation (P) : <u>Si P < 10kWc</u> 300.- CHF / kWc <u>Si 10 < P < 30 kWc</u> 1000.- CHF + 200.- CHF / kWc <u>- Si P > 30 kWc</u> 4750.- CHF + 75.- CHF / kWc max. 10 KCHF		NC	NC	NC	NC
Lancy	100 % de la RU max. 40 KCHF		NC	NC	NC	NC

⁶⁴ Certaines subventions apparaissant dans la statistique de la Ville de Meyrin concernaient des soutiens combinés « PAC + Photovoltaïque » qui ont été retirés de notre calcul, car ne pouvant connaître précisément la part offerte à chacun de ces postes. Par ailleurs, la Ville de Meyrin ne nous ayant pas transmis le montant financier de chaque subvention, nous avons calculé la RU équivalente à la puissance posée et la subvention de 50% de la RU.

8. Évaluation de la politique publique

Le modèle d'impact présenté à la page suivante résume les principales relations et conséquences attendues dans le cadre de l'intervention publique en matière de photovoltaïque dans le canton de Genève. Cette représentation simplifiée ne vise pas à rendre compte de toute la complexité des interventions en jeu dans le cas du solaire photovoltaïque (PV) genevois, mais à expliciter la logique d'action et les résultats attendus des principaux outils d'interventions prévus dans le cadre de cette politique publique.

Analyse du PPA

"La politique en matière de subventionnement à l'investissement du photovoltaïque est principalement fédérale. En effet, c'est bien la Confédération seule, au travers de l'OFEN et de Pronovo, qui édicte les modalités et finance son subventionnement principal : la RU. Le contenu substantiel de l'APA sur cet objet est détaillé et centralisé puisque les Cantons et Communes n'ont pas d'influence sur la RU ou son octroi. "La politique en matière de subventionnement à l'investissement du photovoltaïque est principalement fédérale. En effet, c'est bien la Confédération seule, au travers de l'OFEN et de Pronovo, qui édicte les modalités et finance son subventionnement principal : la RU. Le contenu substantiel de l'APA sur cet objet est détaillé et centralisé puisque les Cantons et Communes n'ont pas d'influence sur la RU ou son octroi. Le Canton et ses services n'ont qu'une connaissance partielle des projets photovoltaïques, ce d'autant plus que la procédure d'autorisation de construire préalable a été remplacée par une procédure d'annonce qui est effectuée de manière moins détaillée. Pour pallier ce manque d'informations, le Canton et les SIG travaillent à une transmission régulière des données que ces derniers récoltent dans le cadre des demandes de raccordement au réseau électrique, puis après l'obtention de la certification Pronovo. Ceci sera au réglé au cours de l'année 2024^{65 66}.

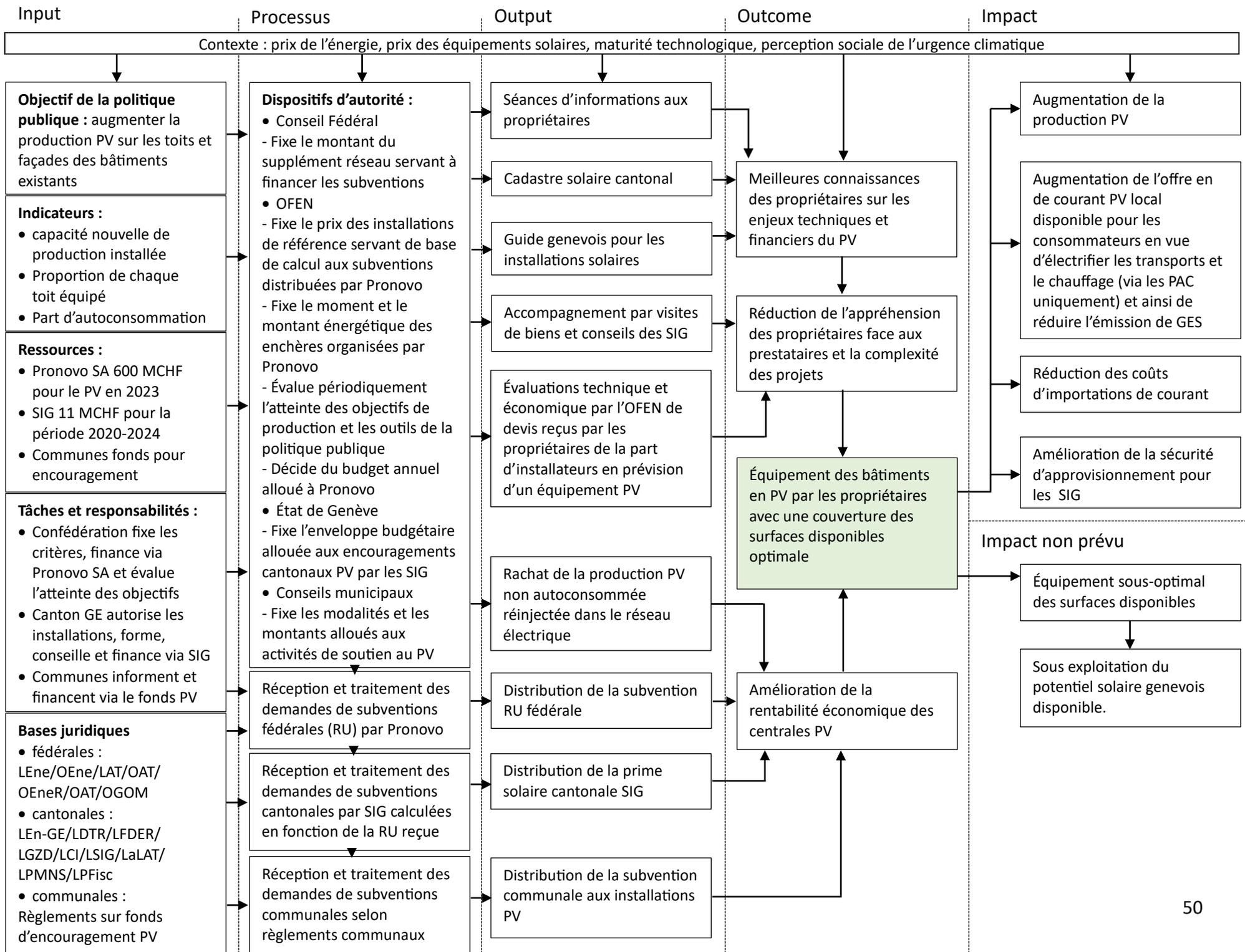
En revanche, s'agissant du rachat lors de l'injection, bien que la Confédération impose la reprise et la rémunération du courant non consommé, elle ne fixe pas le montant de sa valorisation. En cela elle laisse le soin aux Cantons et à leurs entreprises énergétiques de fixer le prix local de reprise en centimes par kWh réinjecté. Elle ancre simplement le principe d'un seuil de prix minimal : « la rétribution se fonde sur les coûts que le gestionnaire de réseau aurait eus pour acquérir une énergie équivalente »⁶⁷. Devant permettre une « rémunération appropriée », cette notion d'« énergie équivalente » reste extrêmement vague et permet aux Cantons, selon leur stratégie en la matière, de fixer, dans les faits, de prix de rachat de l'injection selon l'interprétation qu'ils en font⁶⁸. Certains Cantons estiment ainsi que l'équivalence doit porter sur la nature même de la source (photovoltaïque et donc prix de reprise plus élevé), d'autres sur la disponibilité de la source employée (prix plus bas pour le photovoltaïque qui n'est pas pilotable), et enfin pour d'autres simplement la quantité de kWh sans autre considération (reprise au prix du nucléaire très bas).

⁶⁵ Entretien du 23 août 2023, M Laurent Tippenhauer - Chargé des affaires politiques Office cantonal de l'énergie, État de Genève

⁶⁶ Entretien OCEN du 3 juillet 2023, M Cédric Petitjean - Directeur général de l'Office cantonal de l'énergie, État de Genève

⁶⁷ Art. 15, al. 3, let. A - LEn

⁶⁸ Entretien du 1er septembre 2023, Dr. Elliot Romano - Adjoint Scientifique, 2023



C'est ainsi que, sur le territoire Suisse, le prix de rachat varie de 5 à 22 centimes par kWh selon la région de réinjection. C'est donc une partie du PPA dont le contenu substantiel est limité et décentralisé qui conduit à une mise en œuvre hétérogène.

Concernant la pose de panneaux solaires sur les toits existants, la Confédération fait de l'absence de demandes d'autorisation de construire la règle dans la majeure partie des cas. Cette disposition est reprise dans le droit cantonal genevois. Cela crée une incohérence de fait avec la politique en matière de protection du patrimoine. La définition et l'application des règles régissant les modalités d'autorisation des installations solaires reviennent au Canton. Celui-ci a dû ainsi s'y reprendre à plusieurs fois en étant désavoué dans des cas judiciaires⁶⁹ dans des zones qu'il entendait prémunir face à des propriétaires encouragés par une législation fédérale qui restait à interpréter par les tribunaux sur les priorités à arbitrer entre protection et développement.

Analyse des outils d'intervention

Le but poursuivi par la partie de la politique publique étudiée dans le cadre de ce travail est d'augmenter la production solaire photovoltaïque sur le bâti existant. Subsidièrement, l'objectif est d'équiper de la manière la plus optimale possible ces toits.

En regard de ces objectifs, la pertinence de la RU semble discutable, car c'est un outil d'incitation non différenciée qui subventionne toute installation solaire sans critère d'efficacité énergétique de l'installation finale. Par exemple, aucune différence n'existe dans la rétribution de panneaux posés dans une zone ombragée ou dans une orientation plein nord produisant beaucoup moins. Le problème réside dans le modèle de subventionnement qui se base sur la capacité maximale théorique des panneaux posés (kWc) et non la production (kWh par an) effective ou, à défaut, projetée de ceux-ci tenant compte des autres réalités de chaque projet. L'efficacité énergétique des projets n'est pas prise en compte et la subvention encourage de la même manière les projets pertinents et ceux sous-optimaux. L'allocation est donc par définition sous-optimale par le choix même du modèle de subventionnement retenu. Le seul garde-fou à une trop mauvaise allocation est le prix de l'installation de référence recalculée régulièrement par l'OFEN qui limite le montant maximal de subvention perçu par unité de surface installée. Ce faisant, les projets dont la pertinence économique est plus mauvaise ne seront pas plus favorisés et ce plafond maximal de la RU devrait permettre de limiter des dérives tarifaires de certains fournisseurs et installateurs photovoltaïques.

Par ailleurs, une autre incohérence réside dans la nouvelle modalité retenue pour l'encouragement de l'injection. Face au constat que les incitatifs en faveur de l'injection n'étaient pas suffisants dans son modèle de RU jusqu'alors, la Confédération a introduit la RUE (RU élevée) pour les projets dévolus exclusivement à l'injection depuis 2023 seulement. Si l'on comprend l'idée d'augmenter de 30% à 60% la part des investissements couverts par la RUE pour les installations dédiées à l'injection pure, on comprend mal que cette RUE ne soit pas aussi offerte aux installations mixtes. En effet, sur le bâti existant, la plupart des installations mixtes qui seraient équipées de manière optimale présenteraient une part d'autoconsommation et une part de surface dédiée à l'injection. Or, la part de surface dévolue

⁶⁹ Arrêt du 23 août 2022, ATA/826/2022, Cour de justice de la Chambre administrative de la République et Canton de Genève, 2022

à l'injection de telles installations mixtes ne pourra pas recevoir la RUE et ne bénéficie que l'encouragement de 30% de la RU comme le reste de sa surface. En effet, la RUE n'est pas offerte aux installations qui autoconsomment même une part infime de leur production. Si l'incitatif à l'injection est insuffisant de manière générale, il le sera tout autant pour les centrales à injection pure que pour les installations mixtes. Dès lors, privés de cette possibilité, les propriétaires de toits « mixtes » ne bénéficient pas de ce nouvel incitatif à mieux équiper leurs toits en allant au-delà de leurs seuls besoins d'autoconsommation.

Une autre incohérence provient du traitement différencié des installations de plus de 150 kW destinées à la réinjection. Quand les autres types d'installations sont « assurées » de percevoir la RU, ceux de plus 150 kW injectés sont soumis à un régime d'enchère. Une des vertus de cette modalité de mise en concurrence est d'encourager les propriétaires à optimiser les coûts d'investissement par kWc installés améliorant d'autant l'efficacité allocative de la RU. On comprend mal que cet impératif d'optimisation ne soit réservé qu'aux projets de plus de 150 kW et seulement pour les cas d'installations de réinjection totale.

Il existe une contradiction à l'échelon cantonal entre les objectifs et l'outil d'intervention retenu avec la prime solaire élaborée par les SIG. En effet, en 2020, le Canton indiquait dans les indicateurs de la convention d'objectifs des SIG qui institue leur rôle de promoteur du solaire la motivation d'une subvention cantonale par le besoin suivant⁷⁰ : « *Actuellement, les mécanismes fédéraux de soutien au solaire photovoltaïque peuvent pousser les propriétaires à limiter la taille de leur installation à leur capacité d'autoconsommation, et risquent ainsi de freiner la valorisation du potentiel du canton. Ce volet couvre les initiatives qui doivent être engagées, en lien avec les communes et les professionnels concernés, pour inciter les propriétaires immobiliers à installer du PV en optimisant la couverture de leur toiture (p. ex. appels d'offres groupés, centrale d'achats, subventions complémentaires, etc.)* ». La subvention cantonale devrait donc clairement viser une meilleure optimisation des toits équipés. Or, les SIG n'appliquent aucun critère d'octroi ou de priorisation supplémentaire à la RU pour la subvention cantonale genevoise. Dès lors, on comprend mal comment cette subvention cantonale qui présente le même défaut que la RU fédérale en finançant de la même manière les panneaux destinés à l'autoconsommation et ceux voués à l'injection pourra répondre à l'objectif confié par le Canton aux SIG. En effet, aucun élément de la subvention des SIG ne priorise la part des toits équipés à des fins d'injection. Dès lors, il apparaît peu probable que cette subvention puisse modifier le comportement des propriétaires en faveur d'un plus grand effort d'investissements visant l'injection par un équipement plus optimal de leur toiture.

Analyse de l'APA

L'APA montre que chaque niveau d'intervention fédéral, cantonal et communal dépend d'entités n'étant pas rattachées les unes aux autres et ne prévoit pas de concertation préalable à leurs interventions respectives sur de mêmes objets.

⁷⁰ Liste de tâches d'intérêts publics jointes à Convention d'objectifs période entre le Canton de Genève et les Services industriels de Genève pour la période 2020-2024, Conseil d'État de la République et canton de Genève, 2021

Coordination verticale des acteurs

Les principaux acteurs du programme politico-administratif que sont Pronovo pour la Confédération, les SIG pour le Canton de Genève et les communes, ne sont pas coordonnés en matière de subventionnement à l'installation. Le seul élément de coordination réside dans le modèle de subventionnement retenu. Ainsi, les SIG se reposent sur l'analyse de Pronovo et la délivrance de la RU pour conditionner l'octroi de leur propre subvention cantonale dont le montant est calculé sur le montant de la RU perçue. Il en est de même pour les communes qui ont majoritairement adopté le même modèle les liant à Pronovo et à la RU. Mais, rien n'empêcherait les SIG ou les communes d'opter pour un modèle totalement indépendant de pronovo et de la RU. C'est d'ailleurs le cas de la commune de Plan-les-Ouates qui a un modèle propre. Rien dans l'APA ne garantit que ces différents échelons poursuivent les mêmes buts. Ainsi, quand la Confédération maintient des réserves en matière d'autorisation nécessaire à la pose de photovoltaïque sur une partie du patrimoine, les SIG ont proposé une subvention cantonale supplémentaire pour la pose de panneaux sur ce même patrimoine. En effet, les SIG ont estimé que les démarches étaient plus longues et coûteuses pour équiper ce patrimoine. Ce faisant cette subvention cantonale supplémentaire incitait plus les propriétaires du patrimoine que les autres à équiper leur toit, alors que cela ne correspond pas aux priorités de la Confédération ni du Canton d'ailleurs. Cette prime à l'équipement du patrimoine a été depuis abandonnée par les SIG.

Le Canton ne coordonne pas la politique des communes en la matière. Celles-ci ignorent les objectifs et initiatives de l'échelon cantonal. Ainsi, lors des entretiens menés avec deux responsables des questions d'énergie de deux communes parmi les cinq offrant des subventions, ceux-ci nous ont indiqué que leur conseil municipal seul avait décidé de lancer un programme de subvention sans réelle concertation préalable avec le Canton⁷¹ ⁷². L'une d'entre elles avait même développé une forme de cadastre solaire communal au moment précis où le canton était en train d'en développer lui aussi une version cantonale⁷².

Ces éléments montrent une coordination verticale faible de cette politique publique.

Coordination horizontale des acteurs

Les opérateurs de réseaux cantonaux sont libres, sous contrôle de leur Canton, d'élaborer leurs propres règles en matière de subventionnement solaire ainsi qu'en matière de valorisation du courant réinjecté. Les disparités nationales observées en la matière en témoignent.

Les Communes genevoises ne semblent pas coordonnées entre elles en matière d'incitation photovoltaïque. Ainsi, certaines d'entre elles agissent prioritairement sur la rénovation du bâti en général (incluant le solaire) quand d'autres offrent des encouragements spécifiques au solaire photovoltaïque. À titre d'exemple, l'initiative « Commune-Rénove » d'un groupe de communes seulement (Lancy, Carouge, Grand-Saconnex, Meyrin, Vernier et Versoix) a été lancée en partenariat avec les SIG. Celle-ci vise à l'accompagnement à la rénovation des propriétaires d'immeubles uniquement. Parmi les communes qui y prennent part, seules

⁷¹ Entretien du 16 novembre 2023, Un responsable du secteur de la construction et de l'énergie d'une de communes offrant une subvention photovoltaïque souhaitant rester anonyme, Commune genevoise anonyme

⁷² Entretien du 30 octobre 2023, Bernard Lugrin - Chef du département environnement, Commune de Bernex

certaines offrent aussi des subventions communales pour le photovoltaïque. Cette opération devrait évoluer prochainement du fait d'une modification récente de la loi genevoise sur l'énergie. L'ACG (association de communes genevoises) qui aurait vocation à coordonner une telle politique photovoltaïque intercommunale par la mise en commun de moyens et l'harmonisation des objectifs sur l'ensemble du canton n'a pas encore mis en place une telle démarche. Ainsi, chaque commune en fonction de sa sensibilité politique peut décider d'une intervention sans souci de la cohérence à l'échelle du territoire cantonal avec les initiatives des autres communes en la matière. Chaque commune est souveraine et aucune coordination horizontale n'est prévue par l'APA.

La coordination horizontale semble donc faible dans le canton de Genève.

Cohérence de la politique

Certaines politiques publiques peuvent souffrir de la politique photovoltaïque. Par exemple, la protection du patrimoine genevois dont les règles ont été assouplies afin de ne plus soumettre à la commission de protection la moitié des projets de la zone villageoise 4b protégée. Un autre effet est celui de la cannibalisation du solaire thermique. Ce dernier visant à profiter de l'énergie solaire afin de chauffer l'eau sanitaire et couvrir ces besoins. À l'échelle fédérale, avec l'essor du photovoltaïque, l'installation de solaire thermique a quasiment été stoppée. Ces deux technologies utilisent en effet les mêmes surfaces et il semble que l'un se développe au détriment de l'autre. En la matière, le Canton de Genève avait imposé aux propriétaires de bâti neuf ou rénové de dédier au minimum 30% de leur toiture au solaire thermique. Suite à des cas judiciaires dans le canton⁷³, l'État accepte de déroger à cette obligation à la faveur d'une installation d'une PAC alimentée par des panneaux photovoltaïques. Dès lors, dans de pareils cas, les propriétaires qui ont l'obligation de s'équiper d'une source solaire (PV+PAC ou thermique) en toiture pourraient être incités par la RU à choisir le photovoltaïque. Les Communes et le Canton ne mettant aucune autre limitation, ces propriétaires peuvent en plus bénéficier de subventions cantonale et communale, puisque la RU a bien été perçue. Ils pourraient donc, en théorie, percevoir une subvention couvrant dans certains cas 70% (dans le cas de la Ville de Lancy) de leurs dépenses d'investissement pour un dispositif dont l'installation est obligatoire, ce qui constitue une incohérence majeure.

Le caractère pluri-actuel et peu coordonné de l'APA ne garantit pas la stabilité et la cohérence globale de cette politique. Ainsi la durabilité (pérennité) de la politique n'est pas garantie. Au moment où la Confédération annonce augmenter sa contribution à la RU et le crée la RUE, et que des communes lancent leurs subventions souvent plus importantes que la version cantonale, les SIG prévoient d'abandonner la subvention cantonale solaire dès 2025 après en avoir changé le modèle chaque année depuis 2019. L'intervention cantonale est conditionnée au contenu de la convention d'objectif renégociée tous les cinq ans entre le canton et les SIG dans laquelle figure la tâche d'intérêt public touchant à l'incitation des propriétaires. Celle-ci fait l'objet d'un haut degré de politisation^{74 75} rendant son contenu fortement conjoncturel et fonction du contexte politique.

⁷³ Arrêt du 19 juin 2020, Cour de justice de la Chambre constitutionnelle de la République et Canton de Genève - ACST/16/2020, 2020

⁷⁴ Un député est chargé de surveiller les SIG, qui l'emploient, Tribune de Genève, 2023

⁷⁵ Gouvernance des SIG: le chaos, Bilan, 2014

Grâce aux entretiens menés avec des représentants de l'OCEN^{76 77}, nous avons retenu qu'il n'existe pas encore à ce jour de plan de développement fixant des priorités géographiques ou en termes de type de bâti à équiper pour le Canton. En effet, il aurait pu être attendu du canton responsable de la planification territoriale et énergétique une priorisation dans sa stratégie solaire favorisant par exemple l'équipement prioritaire des toits plats du canton qui sont plus efficaces avec des panneaux orientables (comme sur les immeubles par exemple) ou encore les bâtis des zones industrielles et artisanales présentant le meilleur taux d'autoconsommation et un raccordement facilité. Une récente initiative cantonale qui propose l'équipement obligatoire et complet des toitures genevoises quand cela se justifie a récemment été déposée. Face aux critiques faites par cette initiative quant au manque de planification cantonale, le canton semble à présent vouloir élaborer un tel plan. De leur côté, les SIG n'ont pas non plus, pour l'heure, une quelconque priorisation territoriale solaire.

Par ailleurs, les ressources financières dédiées spécifiquement à l'incitation par la subvention ne sont pas clairement définies. En effet, le rôle attendu d'incitations des propriétaires confié aux SIG par le Canton est noyé dans une seule et même tâche avec d'autres attentes dans la convention d'objectifs⁷⁸ :

« Ce volet couvre les initiatives qui doivent être engagées, en lien avec les communes et les professionnels concernés, pour inciter les propriétaires immobiliers à installer du PV en optimisant la couverture de leur toiture (p. ex. appels d'offres groupés, centrale d'achats, subventions complémentaires, etc.). En parallèle, les hautes écoles doivent être mobilisées pour mener à bien les études nécessaires en matière de solaire PV et TH, notamment à travers la participation à des projets suisses ou européens (R&D, retours d'expériences et partage des meilleures pratiques). Ce budget doit permettre de financer des projets innovants dont la rentabilité ne serait pas assurée dans les conditions actuelles du marché et des technologies (solaire PV en façade et/ou sur équipements routiers), ainsi que la prise en charge des éventuels renforcements du réseau électrique sur le domaine privé (actuellement à la charge du propriétaire) pour raccorder des bâtiments disposant d'un potentiel de production intéressant (idéalement, ces coûts devraient être intégrés dans le timbre de distribution électrique, mais de manière transitoire, un dispositif cantonal pourrait être prévu). Ces projets pilotes pourraient également permettre de démontrer la nécessité de faire évoluer le cadre légal et réglementaire fédéral en vue de favoriser d'autres modes d'autoconsommation ou de vente de la production à des tiers (p. ex. possibilité du stockage virtuel sur le réseau) ».

C'est ainsi que la ligne budgétaire dédiée à cette tâche est, elle aussi, agrégée pour un montant total de 11 millions de francs sur la période 2020-2024. Les SIG ont donc apparemment toute liberté de répartir ce budget global comme ils le souhaitent entre leur rôle d'expérimentateur solaire innovant et celui d'incitateur par la subvention distribuée aux propriétaires. On remarque d'ailleurs que cette répartition était en 2022 (première fois qu'un paiement a été demandé par les SIG pour cette tâche) de 1,9 million pour la subvention contre 2,7 millions en faveur des projets innovants d'intérêt public dont les SIG sont pour partie propriétaires. Il

⁷⁶ Entretien OCEN du 3 juillet 2023, M Cédric Petitjean - Directeur général de l'Office cantonal de l'énergie, 2023

⁷⁷ Entretien du 23 août 2023, M Laurent Tippenhauer - Chargé des affaires politiques Office cantonal de l'énergie, 2023

⁷⁸ Liste des tâches d'intérêts publics accompagnant la Convention d'objectifs période entre le Canton de Genève et les Services industriels de Genève pour la période 2020-2024, Conseil d'État de la République et canton de Genève, 2021

pourrait être intéressant pour un évaluateur à l'avenir d'interroger l'efficacité allocative en comparant celle de subvention par kW installé chez les propriétaires incités et celle des projets innovants réalisés par les SIG sur leurs propres installations.

Enfin, cette tâche d'incitateur ne bénéficie d'aucun indicateur de suivi spécifique dans la convention. Seule l'atteinte de la production solaire propre attendue des SIG en qualité de producteur y est précisée (40 MWc en 2024). Il aurait pu être attendu un suivi du taux de réinjection des projets soutenus par la subvention puisque c'est précisément le but poursuivi selon les directives du Canton figurant dans la convention.

De la même manière, les subventions communales ne sont pas adossées à des objectifs d'outcomes clairement définis permettant une mesure de leur efficacité. Sans autre but qu'un soutien communal symbolique à la cause photovoltaïque, leurs maintien ou évolution dépendent plus d'aspects de conjoncture budgétaire ou d'importance de la demande des propriétaires (que celle-ci soit justifiée ou non)⁷⁹. Les buts et critères d'évaluation des subventions communales ne semblent pas clairement établis.

En revanche, les séances d'informations menées par certaines communes en partenariat avec le canton et les SIG permettent un discours et un dispositif cohérent entre les efforts de rénovation (incités principalement par le programme bâtiment) et la politique photovoltaïque.

9. Outcomes et efficacité de la politique publique

La RU fédérale

Le contrôle fédéral des finances (CDF) a rendu un rapport en 2023 sur l'impact des subventions aux grandes installations⁸⁰. Même si de telles installations ne sont pas l'objet spécifique de notre étude genevoise, on notera certains éléments intéressants, parmi lesquels : « *Le CDF estime que la forte croissance des installations PV au cours des trois dernières années est positive et conforme aux objectifs. Il identifie toutefois plusieurs risques pour la réalisation des objectifs à long terme d'ici 2050.* » Un des risques pointés est le manque de coordination des incitations financières. Comme le montre aussi l'enquête de l'ETH⁸¹, cette coordination souffre du manque d'uniformité dans l'allocation de la RU elle-même, des disparités du prix local de l'électricité et donc de la rentabilité de l'autoconsommation, et enfin, des différences du prix de rachat local du courant réinjecté. Toutes ces variations conduisent à ce qu'un même projet photovoltaïque ne soit pas rentable malgré les subventions dans certaines régions, quand il sera rentable sans subventions dans une autre région et profite de manière inefficace des subventions offertes (effet d'aubaine). Le CDF remarque enfin que le taux de subventionnement par kWc installé pour les petites installations bénéficiant de la PRU (<100 kWc) était supérieur de 44% aux grandes bénéficiant de la GRU (>100kWc). Partant de ces constats, le CDF propose notamment de réduire la RU des petites installations au profit des

⁷⁹ Entretien du 30 octobre 2023, Bernard Lugrin - Chef du département environnement, 2023

⁸⁰ Audit de l'impact des subventions allouées aux grandes installations photovoltaïques, Office fédéral de l'énergie OFEN, 2023

⁸¹ Quantifying the degree of fragmentation of policies targeting household solar PV in Switzerland, Schmidt Tobias, et al., 2023

grandes installations plus efficaces et de mieux prévenir les effets d'aubaine en excluant la part de l'installation dévolue à l'autoconsommation (déjà rentable par elle-même).

En complément, l'OFEN a réalisé une évaluation des instruments de la politique publique fédérale en matière de photovoltaïque couvrant la période 2018-2020 conformément aux dispositions de la LEn⁸². Celle-ci montre que le nombre de demandes ainsi que leur puissance moyenne ont fortement augmenté en attribuant cette dynamique à une reprise de confiance des propriétaires avec des délais raccourcis grâce à une plus grande disponibilité budgétaire après les difficultés liées à la RPC. La proportion en Suisse sur cette période d'installations n'ayant pas demandé la RU (comparaison entre les demandes de RU auprès de Pronovo et des certifications d'origines obligatoires pour toutes les installations) montrait que le taux de RU non sollicitée concernait environ 1,3 % des installations. Les installations en regroupement de consommation RCP représentaient quant à elles 3% des installations et 5% de la puissance installée.

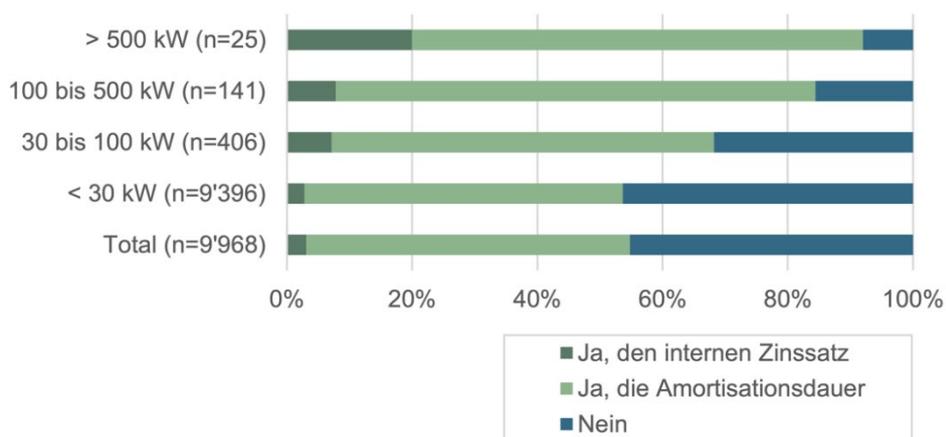
Pour l'OFEN, la RU et l'autoconsommation sont les principaux facteurs influençant la rentabilité de ces installations. Or la rentabilité économique est le principal facteur influençant la réalisation de certaines catégories d'installations. L'OFEN note que sans autoconsommation et sans RU la plupart des systèmes ne seraient pas amortis sur 25 ans. Avec ces deux encouragements, les installations de plus de 10 kW sont amorties au plus tard sur leur durée de vie et parfois beaucoup plus vite.

Le taux d'autoconsommation moyen en Suisse était de 44%, sans différence notable entre les installations standards et celle en regroupement RCP. Il existe en revanche une différence notable entre le taux d'autoconsommation des petites installations de moins de 30 kW (43%) et celle des plus grandes de plus de 500 kW (72%). Le constat est que les grandes installations ne se construisent que si leur rentabilité est assurée par une part importante d'autoconsommation possible. Leur expansion dépendra donc directement du potentiel local d'autoconsommation.

La très grande majorité des propriétaires s'équipant prévoit en parallèle d'autres mesures afin d'augmenter leur part d'autoconsommation à cette occasion (PAC, voiture électrique, stockage journalier). En effet, selon cette évaluation, c'est bien la consommation propre et non la RU qui influence le plus la rentabilité des installations. Se pose dès lors, comme pour le CDF, la question de la pertinence de la RU dans ce contexte. Il apparaît que celle-ci a eu un effet persuasif pour 50% des propriétaires que cela a décidé à s'équiper, à avancer le moment de cet équipement ou à augmenter la taille de leur installation. Cela suggère que la RU n'a eu aucun effet sur la moitié des propriétaires qui ont simplement bénéficié d'un effet d'aubaine. D'ailleurs, une proportion non négligeable des propriétaires déclare n'avoir pas fait de calcul de rentabilité de leur installation avant d'investir.

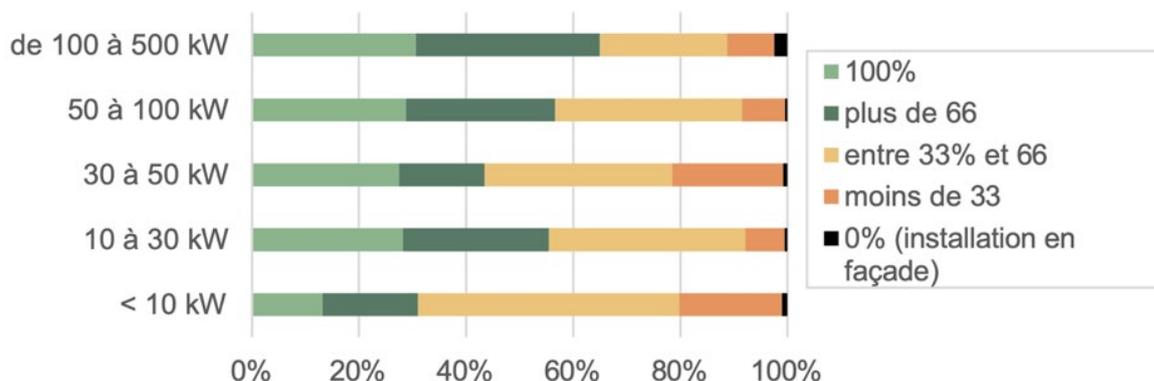
⁸² Évaluation externe des rétributions uniques pour les installations photovoltaïques et les regroupements pour l'autoconsommation (ZEV) de 2018 à 2020, Office fédéral de l'énergie OFEN, 2022

Figure 20 – Proportion des propriétaires ayant réalisé le calcul de rentabilité avant leur investissement⁸³



La prédominance de l'influence de l'autoconsommation explique certainement que seule une minorité des propriétaires équipe l'entier de leur surface disponible. En effet, au-delà de la surface destinée à l'autoconsommation, la surface dédiée à l'injection ne semble pas suffisamment incitative pour les propriétaires (la rentabilité est fonction du prix local de rachat de l'électricité réinjectée). Les propriétaires citent d'ailleurs la baisse de leur taux d'autoconsommation par l'augmentation de la surface équipée comme la deuxième raison (après l'ombrage) expliquant le non-équipement plus important de leur toiture. La RU ne semble donc pas compenser suffisamment le manque d'attrait de l'injection pour les propriétaires.

Figure 21 - Proportion de toiture adaptée au photovoltaïque disponible équipée⁸³



Enfin, il semble que l'effet persuasif de la RU soit plus important pour les installations présentant le moins de possibilités d'autoconsommation, ce qui suit une certaine logique. Pour les plus modestes installations, l'intérêt personnel du propriétaire pour ces technologies, pour l'écologie et la réputation qu'elle procure semble compenser le manque de rentabilité de l'incitation offerte.

Au rang des recommandations, afin de lutter contre la minimisation des surfaces installées sur chaque toiture, l'OFEN invite à modifier le modèle de subventionnement de la RU en supprimant sa prime de base, qu'il juge trop importante notamment pour les petites

⁸³ Ibid.

installations, et de n'utiliser qu'une prime fonction de la puissance installée. Jugeant que les petites installations sont moins sensibles aux questions de rentabilité économique, l'OFEN propose de réduire le montant de la RU pour les petites installations. Cette rentabilité ayant été identifiée comme le premier facteur conditionnant la réalisation des grandes installations, l'OFEN propose en revanche d'augmenter la GRU, spécialement pour les installations ne bénéficiant pas d'un taux d'autoconsommation suffisant.

La subvention cantonale genevoise

Concernant l'objectif d'équipement optimal des toitures à des fins d'injection, les propriétaires sont censés être incités à cette optimisation grâce au rachat du courant qu'ils ne consomment pas. Or, cette compétence est laissée aux Cantons. À Genève, les SIG fixent ce tarif chaque année, sans aucune prévisibilité pour les propriétaires. Ce tarif a par exemple connu une hausse de 28% au premier janvier 2023. Ce tarif 2023 de 17 centimes par kWh réinjecté est qualifié de plutôt favorable par les représentants de l'association des petits propriétaires genevois rencontrés⁸⁴. Ils pointent toutefois que ce tarif, même favorable, souffre de la comparaison avec la rentabilité des panneaux dédiés à l'autoconsommation. Par ailleurs, ils regrettent le manque de prévisibilité pour les petits propriétaires face à un tarif de rachat changeant annuellement. Ils pointent cette incertitude comme l'un des principaux facteurs retenant leurs membres à plus équiper leur toit en faveur de l'injection. Selon cette association, cela les empêche d'avoir une visibilité sur la rentabilité de leur investissement en la matière. Ils constatent, dans la réalité, que la plupart de leur membres propriétaires de villas installent une capacité le plus souvent proche de leur autoconsommation. Cet élément a d'ailleurs été confirmé par l'enquête sur les préférences des propriétaires menée par l'Université de Genève sur mandat des SIG⁸⁵ ainsi que celle du WWF⁸⁶ pour le Canton de Genève.

Comme expliqué précédemment le Canton ainsi que la majorité des Communes qui subventionnent ont choisi un modèle d'augmentation de la RU en guise de subvention. Dès lors, leurs contributions supplémentaires ne font qu'amplifier les déficits allocatifs pointés précédemment. Pire, l'augmentation de la subvention permettra en théorie à des projets trop lourdement devisés financièrement de devenir rentables (faisant ainsi tomber le garde-fou fédéral du prix de l'installation de référence), pouvant pousser les installateurs à gonfler leur prix dans les régions qui bénéficient de ces encouragements supplémentaires. Une telle dérive réduirait encore la pertinence de ce modèle d'intervention qui, en plus d'encourager certains projets sous-efficients du point de vue énergétique, encouragerait alors aussi des projets à la rentabilité « douteuse » car surfacturés. Afin de pouvoir juger de l'effectivité de la subvention cantonale sur la qualité d'équipement des toitures par les propriétaires en permettant d'aller au-delà de l'équipement à de seules fins d'autoconsommations, il aurait fallu pouvoir obtenir des SIG le taux moyen d'autoconsommation des installations cantonales subventionnées afin de les comparer, soit au taux fédéral de 44%, soit au taux de cantons ne subventionnant pas.

⁸⁴ Entretien du 23 novembre 2023, M Alain Gaumann - Membre du comité, Pic-Vert association de défenses des propriétaires individuels de biens immobiliers situés dans le Canton de Genève

⁸⁵ Préférences pour les technologies liées aux énergies renouvelables, Maria Lagomarsino, et al., 2021

⁸⁶ GENÈVOLTAÏQUE - Accélération du solaire photovoltaïque pour atteindre 350GWh en 2030 à Genève, WWF, 2023

Malheureusement, il a été impossible à cet acteur de répondre à notre demande en la matière faute de données statistiques disponibles à cette fin.

Les subventions communales

Sur la base de la liste des 67 projets soutenus par une subvention communale communiquée par les trois communes de Meyrin, Satigny et Bernex, nous devons constater qu'un seul projet soutenu entre 2022 et 2023 n'était pas une villa (toit plat d'une zone commerciale et artisanale) et dépassait le seuil de 30kW de puissance installée. Pour le reste, tous les projets étaient des villas individuelles ou mitoyennes bénéficiant de la PRU. La puissance moyenne installée était de 8,8 kWc. Le modèle de subvention de ces trois communes étant identique (50% de la RU), on constate une moyenne de subvention communale logiquement proche d'environ 210.- CHF par kWc installé dans chacune d'entre elles.

Certains interlocuteurs⁸⁷ ⁸⁸ en charge de ces politiques communales regrettent que les propriétaires qui s'équipent et bénéficient de leur subvention n'augmentent pas plus la couverture de leurs toitures, quand cela se justifierait énergétiquement, en vue de participer à l'objectif national de réinjection. Ils nous indiquent que les séances d'informations aux propriétaires et les prises de contact lors des demandes de subventionnement sont autant d'occasions pour eux de tenter de sensibiliser les propriétaires à cet objectif sans réel pouvoir de contrainte. Interrogés sur la raison pour laquelle la commune n'intègre pas de tels critères de subventionnement sur l'injection, ces responsables pointent différentes raisons à cela⁸⁹. La première réside dans une notion d'égalité de traitement que la commune doit à ses propriétaires. Chacun aurait ainsi une forme de droit opposable à bénéficier d'une subvention équivalente à surface posée équivalente. Un second argument est la faisabilité d'appliquer des critères de puissances autoconsommée et injectée. En effet, selon l'usage et les horaires de vie des habitants, une même maison peut présenter des profils d'autoconsommation drastiquement différents. Si une famille fait toutes ses lessives en journée, télétravaille et possède une pompe à chaleur, elle aura une bien meilleure autoconsommation que la même famille absente en journée, ayant un chauffage au gaz et faisant ses lessives de nuit hors des heures de production solaire. De fait, le calcul objectif de tels éléments est délicat dans le cadre d'une subvention et la commune n'aurait pas les ressources nécessaires pour mener ce type d'analyse et leurs contrôles d'applications. C'est donc par manque de ressources humaines et gain de simplicité notamment que ces acteurs communaux ont préféré calquer leur intervention sur celle de la Confédération, quand bien même celle-ci serait imparfaite.

Afin de comprendre l'influence de l'intervention sur les choix des propriétaires des quelques Communes qui offrent une subvention à l'équipement de centrales solaires, nous réalisons une comparaison entre deux groupes de bâti équipés. Le premier groupe est constitué de projets appartenant aux Communes nous ayant communiqué leurs bénéficiaires de la subvention communale. Ceux-ci sont tous des villas. Les chiffres communiqués par les Communes mentionnent des puissances. Afin de traduire cet élément en surface équivalente

⁸⁷ Entretien du 30 octobre 2023, Bernard Lugrin - Chef du département environnement, 2023

⁸⁸Entretien du 28 novembre 2023, M Dario Poroli - Responsable de projets dans le domaine de l'énergie, Commune de Meyrin

⁸⁹ Entretien du 16 novembre 2023, Un responsable du secteur de la construction et de l'énergie d'une de communes offrant une subvention photovoltaïque souhaitant rester anonyme, 2023

de panneaux installés en m², nous utiliserons un facteur moyen de puissance surfacique de 200 W_c/m². Seules les 66 interventions des années 2022 et 2023 seront prises en compte, car les montants de la RU et de la subvention SIG sont restés stables sur ces deux années en comparaison des années précédentes. Par ailleurs, certaines de ces Communes n'ont lancé leur programme qu'en 2022 ou en 2023 et la comparaison intercommunale serait impossible avant 2022.

Le second groupe est constitué du même nombre de projets n'ayant pas profité d'une subvention communale, pris au hasard parmi ceux réalisés dans le canton de Genève. Afin de constituer ce deuxième groupe, nous choisissons uniquement des villas dont les toitures réalisées en 2022 et 2023 sont dans les mêmes gammes de surfaces que l'échantillon des Communes subventionnées. Elles sont choisies parmi la liste des installations solaires suisses se trouvant à Genève tirées de la liste complète de l'OFEN des installations productrices en Suisse⁹⁰.

Le choix des projets n'étant pas parfaitement aléatoire, des biais peuvent exister dans ces deux groupes. Tous ces projets ayant été réalisés, nous partons du principe qu'ils ont tous au moins bénéficié de la RU fédérale et de la subvention solaire cantonale. Dès lors, la composante d'incitation à la réalisation de l'installation n'est pas un élément que nous investiguerons.

En revanche, nous souhaitons comprendre si une influence sur la façon d'équiper ces toits peut exister entre ces deux groupes. Cela serait un indice de l'effectivité des subventions communales sur l'optimisation d'équipement de leurs toits par les propriétaires.

Comme expliqué précédemment, une même villa équipée en photovoltaïque peut avoir un taux d'autoconsommation très variable selon les usages et heures de consommation de ses habitants. Dès lors, afin de pouvoir comparer les taux d'autoconsommation des deux groupes statistiques, nous aurions besoin de l'autoconsommation effective annuelle mesurée par les SIG chargés de reprendre cette part de chaque production. Malheureusement, pour les raisons évoquées, ces derniers ne nous ont pas transmis ces éléments.

Un autre élément chiffré pouvant traduire l'optimisation de l'équipement des toitures, autre que l'autoconsommation, est la qualité des portions de toitures équipées par chaque propriétaire. En effet, le cadastre solaire découpe chaque toit en sous-ensembles dont le rendement de production attendue est réparti en six catégories (selon la pente, l'ombrage, et l'orientation de la surface) : excellent, très bon, bon, moyen, passable et mauvais.

Afin de comparer entre les deux groupes la qualité des portions équipées, nous partons du principe que les propriétaires ont équipé en priorité les portions les mieux qualifiées et donc rentables de leur toit respectif. Nous catégoriserons ensuite comme toiture optimale pour notre étude le cumul en m² de portions du cadastre « excellent », « très bon », « bon » et « moyen » de chaque toit équipé. Nous qualifierons de sous-productif l'équipement des portions « passable » et « mauvais » du cadastre solaire pour chaque toit. Sur la base de ces deux catégories, nous calculerons la part de surface optimale équipée pour chaque projet. Il en résulte les répartitions suivantes pour les deux groupes.

⁹⁰ Installations de production d'électricité, Office fédéral de l'énergie OFEN, 2023

Figure 22- Nombre de projets subventionnés selon le taux d'équipement optimal des toitures

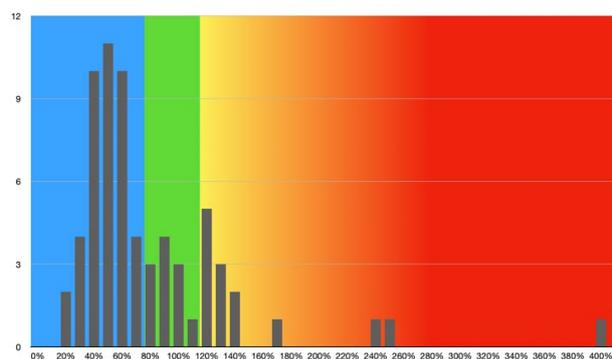
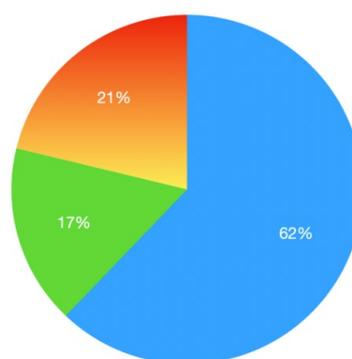


Figure 23 - Répartition du nombre de projets soutenus selon le taux d'équipement du potentiel optimal



La médiane du potentiel optimal exploité est de 65% pour les projets soutenus par les communes. On retrouve dans ces résultats deux catégories d'équipements non optimaux des toitures. Le premier, déjà identifié, est le sous-équipement en regard du potentiel optimal disponible sur chaque toiture. Sur le graphique cette zone bleue représente les projets qui exploitent moins de 80 % de ce potentiel optimal. On peut supposer qu'il s'agit de projets pour lesquels les propriétaires ont choisi de se rapprocher de leur autoconsommation afin d'augmenter la rentabilité et de réduire leur temps de retour sur investissement en ne couvrant qu'une partie de leur toit. Ces cas représentent la majorité des situations, soit 62% des projets subventionnés par une commune. Le second type d'équipement sous-optimal consiste à couvrir, au-delà du potentiel optimal, les surfaces sous-productives de toits qualifiées de « passable » ou « mauvais » par le cadastre solaire. Les panneaux posés dans de telles parties de toits auront de facto un moins bon rendement. Sur le graphique ces projets apparaissent dans la zone orange-rouge, au-delà de 120% du potentiel optimal utilisé. Dans cette catégorie certains projets semblent même avoir principalement équipé des portions sous-productives de toits atteignant des taux de surcouverture de 300%. Il est intéressant de noter que de tels cas existent et profitent à plein des subventions fédérales, cantonales et communales. Ils ont donc pu améliorer la mauvaise rentabilité financière économique d'une trop grande installation énergétiquement inefficace du fait de la nature même des surfaces de toitures équipées grâce à l'addition des subventions. Seuls 17 % des projets ayant reçu une subvention communale sont proches à plus ou moins 20% de l'optimum des couvertures des toits.

Figure 24 - Nombre de projets non subventionnés par une commune selon le taux d'équipement optimal des toitures

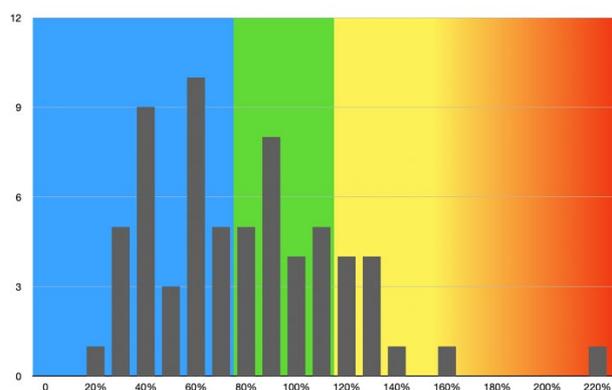
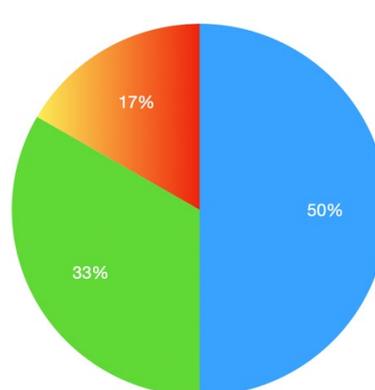


Figure 25 - Répartition de projets non soutenus par une commune selon taux d'équipement du potentiel optimal



Dans le groupe des projets n'ayant reçu que la RU et la prime cantonale, le pic de la distribution des projets, bien que plus étalé, la médiane du taux optimal d'équipement est de 70%. Une proportion plus importante des projets sont dans la zone optimale des 80 % à 120 % (33% au lieu de 17% pour les projets subventionnés par les Communes). Dans ce groupe existent aussi des installations équipant des zones sous-productives de toits.

Cette rapide comparaison ne permet pas de conclure que l'obtention d'une prime communale par les propriétaires les incite à équiper leur toit de manière plus optimale. Dans tous les cas, la majorité des propriétaires sous-équipent leurs toitures en regard du potentiel optimal qu'elles présentent. Un avantage peut même être observé en faveur du groupe des « non subventionnés par les Communes », proportionnellement plus nombreux à se rapprocher de l'optimum. L'objectif majoritaire semble donc rester, dans tous les cas, l'autoconsommation et non l'injection comme l'indiquent aussi les études déjà citées^{91 92}. L'effectivité des subventions communales sur le comportement des propriétaires concernant l'influence sur les propriétaires en matière d'optimisation de la couverture ne semble donc pas démontrée par la présente analyse.

10. Impact et efficacité de la politique solaire genevoise

Il est impossible dans le cadre de notre analyse de savoir précisément quelle part des résultats en termes de production photovoltaïque nouvelle est due à la politique publique genevoise elle-même, et ce qui résulte d'influences conjoncturelles externes telles que l'augmentation du prix de l'énergie, la baisse des prix des installations, ou encore, les sentiments d'urgence climatique ou de risque de pénurie ressentis par les propriétaires. Dès lors, l'impact précis de la politique genevoise ne pourra pas être, à proprement parlé, évaluée ici. En revanche, nous pourrions analyser l'atteinte des objectifs de productions dans le contexte actuel.

10.1 La topologie du bâti

Le Canton de Genève compte 51'203 bâtiments sur son territoire en 2023. Ceux-ci représentent donc environ 2,5% des bâtiments disponibles en Suisse. Étant un « Canton-Ville », la densité de sa construction y est forte en comparaison intercantonale. Cela s'explique par l'exiguïté de son territoire en regard de sa population. Genève est le deuxième canton le moins bien doté en Suisse avec 169 m² de zone à bâtir par habitant (la moyenne suisse est de 282)⁹³. Le logement représente la part la plus importante (88%) de son bâti⁹⁴.

⁹¹ Préférences pour les technologies liées aux énergies renouvelables, Maria Lagomarsino, et al., 2021

⁹² GENÉVOLTAÏQUE - Accélération du solaire photovoltaïque pour atteindre 350GWh en 2030 à Genève, WWF, 2023

⁹³ Statistique suisse des zones à bâtir 2022, Office fédéral du développement du territoire ARE, 2022

⁹⁴ Bâtiments selon le type et logements selon le nombre de pièces, par commune, depuis le 1er trimestre 2013 - T 09.02.1.1.01, Office cantonal genevois de la statistique OCSTAT, 2023

Figure 26 - Bâtiments en Suisse⁹⁵

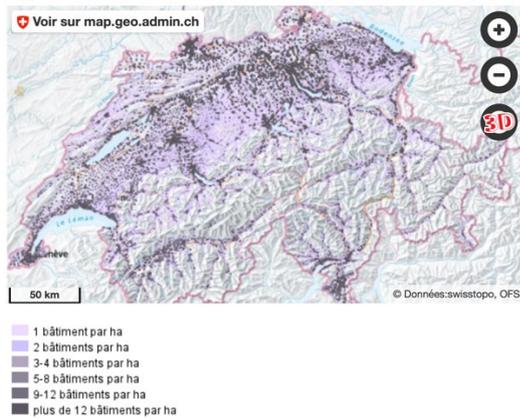
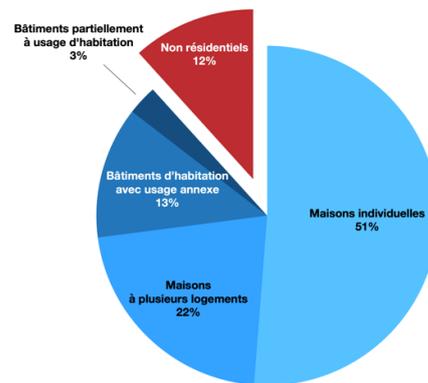


Figure 27 - Répartition des bâtiments genevois par type : source⁹⁶



Genève est une terre de locataires avec 78% des logements occupés en location⁹⁷. Seuls 18% de propriétaires de logements genevois les occupent⁹⁸. Ceux-ci sont le plus souvent des biens de rendement, Genève étant le canton suisse avec le moins de propriétaires occupant leur logement derrière Bâle-Ville.

Figure 28 - Taux de logements occupés par leur propriétaire⁹⁸

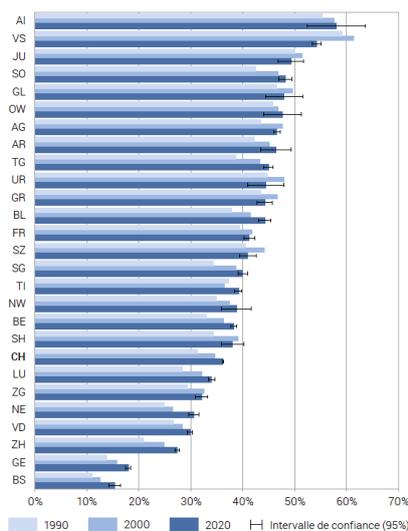
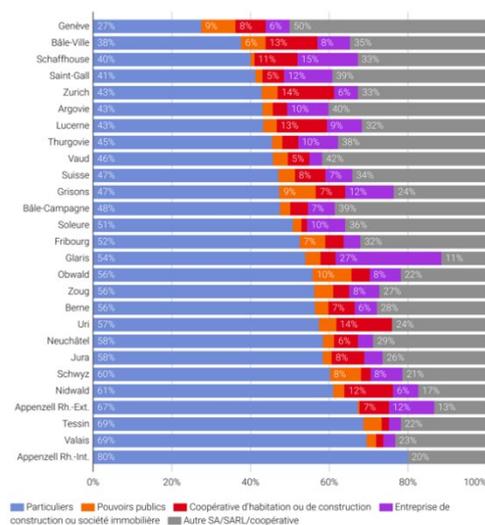


Figure 29 - Type de propriétaire des logements de locataires⁹⁹



La part de personnes morales propriétaires de bâtiments d'habitation y est particulièrement importante en comparaison nationale. En effet, plus de 28% des bâtiments genevois d'habitation sont détenus par des personnes morales⁹⁹. Dès lors, les locataires genevois ont majoritairement pour propriétaire une personne morale, cela, alors que la majorité des bâtiments d'habitation est détenue par des personnes physiques. Cela semble indiquer que les personnes morales détiennent des bâtiments plus grands (immeubles) offrant chacun plus

⁹⁵ Statistique des bâtiment et des logements, Office fédéral de la statistique OFS, 2021

⁹⁶ Bâtiments selon le type et logements selon le nombre de pièces, par commune, depuis le 1er trimestre 2013 - T 09.02.1.1.01, Office cantonal genevois de la statistique OCSTAT, 2023

⁹⁷ Logements de locataires, Office fédéral de la statistique OFS, 2022

⁹⁸ Type de propriétaire des logements de locataires par canton, Office fédéral de la statistique OFS, 2023

⁹⁹ Bâtiments selon le type de propriétaire, la branche d'activité économique (NOGA1) et le type de communauté, par canton - T 09.02.05.03, Office fédéral de la statistique OFS, 2020

de logements. La proportion importante des appartements en regard des maisons individuelles sis dans ce canton semble renforcer cette hypothèse. En partant du principe que le bâti résidentiel est détenu surtout par des personnes morales, c'est donc environ 35% du parc des bâtiments genevois qui serait détenu par des personnes morales.

Figure 30 - Répartitions des logements genevois en 2023 :
source¹⁰⁰

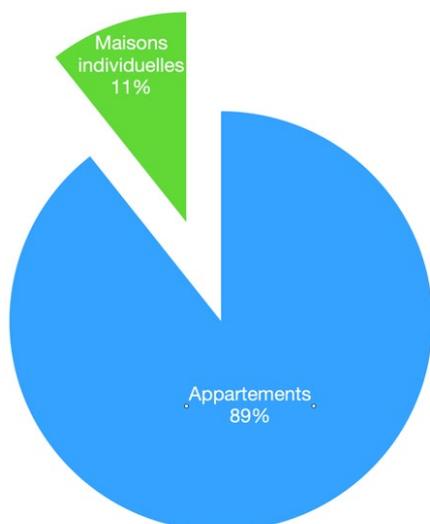
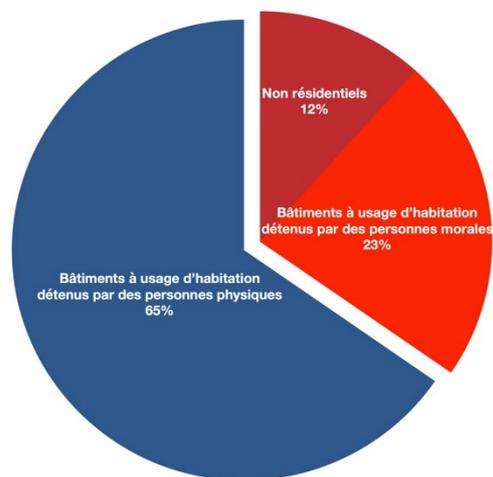


Figure 31 - Répartition des bâtiments genevois par types de propriétaires (incluant le non résidentiel)



Le potentiel solaire genevois a été estimé sur la base du cadastre solaire par le Canton de Genève à 1500 MWc réparti entre 1000 MWc pour les toitures et 500 MWc pour les façades pouvant être équipées¹⁰¹. Il est à noter que l'estimation de ce potentiel tend à évoluer à la hausse, avec une prise en compte des limites de toitures plus fines, une augmentation du rendement technologique des panneaux, ainsi que la prise en compte des puissances minimales ramenée récemment de 1 kWc à 800 Wc. Le potentiel solaire genevois est estimé à environ 2000 MWc en 2023. Dans le cadre de ce travail, nous prendrons comme hypothèse le chiffre officiel le plus récent de 1400 MWc¹⁰² datant de 2020 réparti pour environ 1000MW pour les toitures et 400MW pour les façades.

Sur la base du cadastre solaire, les SIG ont pu estimer la répartition de ce potentiel en fonction de la puissance maximale par toiture mobilisable (directement liée à l'importance des surfaces de toitures de chaque bâtiment). En croisant ces données avec le registre foncier, ils ont aussi pu ventiler ce potentiel par type de bâtiment en fonction de son affectation d'usage¹⁰³.

¹⁰⁰ Logements existants, logements vacants et taux de vacance, depuis 1985 - T 09.02.2.2.02, Office cantonal genevois de la statistique OCSTAT, 2023

¹⁰¹ Du solaire en façade, WWF, 2023

¹⁰² Plan directeur de l'énergie 2020 - 2030, État de Genève, 2020

¹⁰³ Plan directeur métier, Services industriels de Genève SIG, 2022

Figure 32 - Répartition du potentiel solaire genevois en toiture (identifié en 2021) par catégorie de puissance¹⁰³

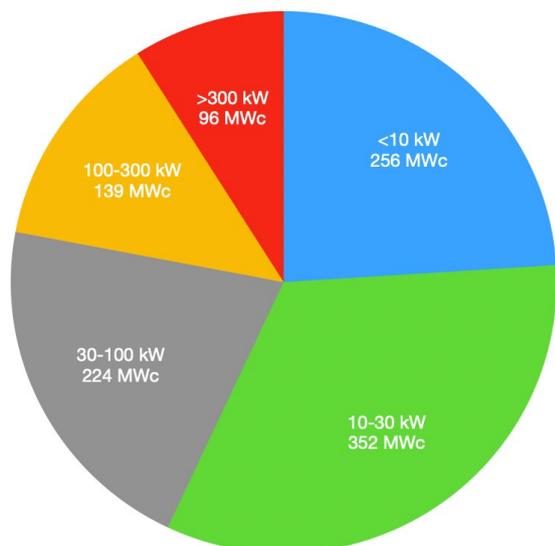
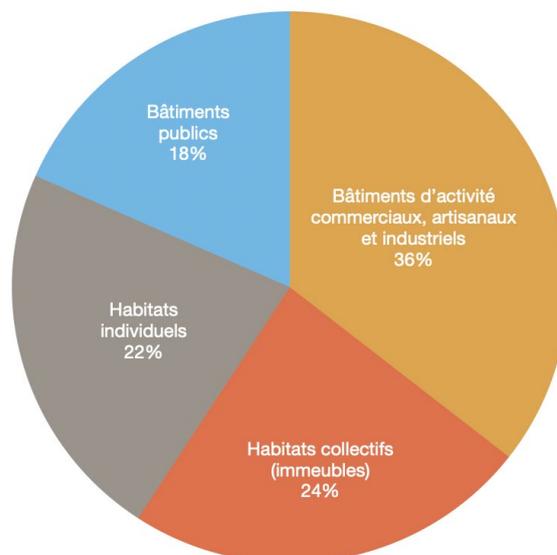


Figure 33 - Répartition du potentiel solaire genevois en toiture (2021) par affectation des bâtiments¹⁰³

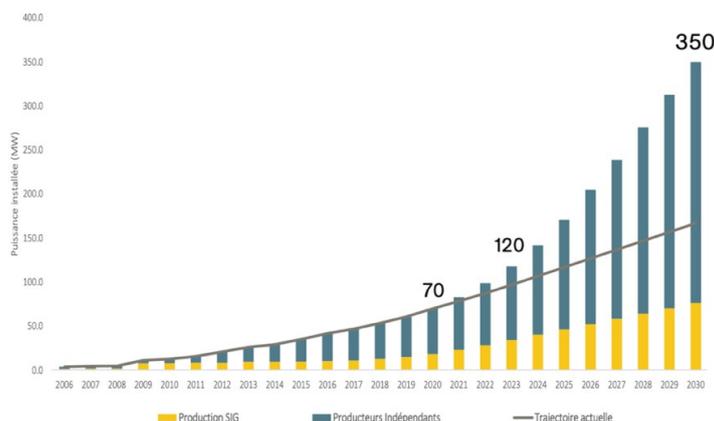


Il ressort de ces chiffres que la plus grande part du potentiel identifié est constituée des toitures d'une puissance inférieure à 100 kW (à plus de 75%), soit celles qui sont visées par la PRU. Par ailleurs, les toits en zone commerciale, industrielle et artisanale et des immeubles représentent à eux seuls près de 60% du potentiel réalisable. Enfin, bien qu'ils ne représentent que 11% des logements, les habitats individuels constituent près d'un quart du potentiel solaire en toiture.

10.2 Objectifs globaux de production photovoltaïque dans le Canton de Genève

Au-delà des objectifs globaux du Canton, les SIG ont détaillé dans leur plan d'action leurs objectifs détaillés en matière de développement du solaire genevois¹⁰⁴. Ces objectifs sont de deux ordres : ceux en qualité de producteurs et ceux en termes d'incitateurs auprès d'autoproduleurs propriétaires du canton.

Figure 34 - Objectifs des SIG en 2020¹⁰⁴



¹⁰⁴ Stratégie transversale solaire photovoltaïque (PV), Services industriels de Genève SIG, 2022

Il ressort de ce plan que la part des SIG à l'augmentation de la production sera de plus en plus réduite, les producteurs indépendants devant y prendre une part de plus en plus importante. C'est ainsi qu'il est prévu que les SIG quadruplent leur production photovoltaïque propre d'ici 2030, quand la production des propriétaires devrait, elle, quintupler durant la même période.

Sur la base du cadastre solaire, les SIG ont aussi estimé des puissances moyennes des toits genevois par segment de bâtiments et projeté l'équivalence en nombre d'installations à installer afin d'atteindre la puissance projetée¹⁰⁵.

Figure 35 - Projection SIG 2020 du nombre annuel d'installations solaires à raccorder ¹⁰⁵

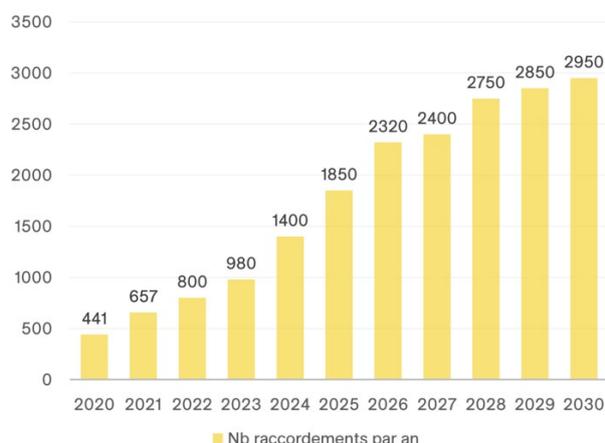
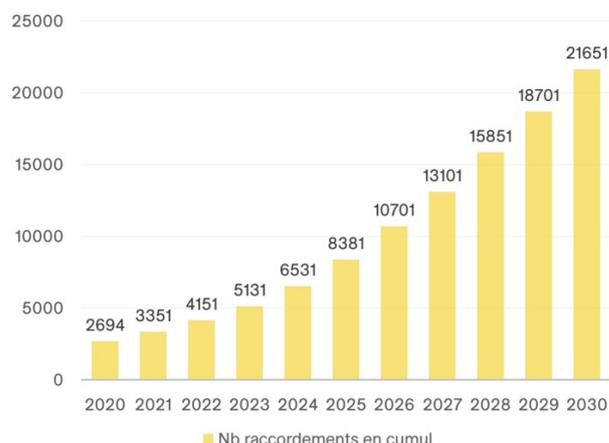


Figure 36 - Projection SIG 2020 du nombre cumulé d'installations solaires à raccorder ¹⁰⁵



10.3 La réalité de la production photovoltaïque genevoise

Le suivi du nombre d'installations photovoltaïques et de leurs puissances sur le territoire genevois est principalement réalisé par les SIG. Si ces installations sont annoncées aux SIG en vue de les raccorder au réseau électrique afin de permettre la réinjection et sa rétribution, ces nouvelles installations sont dès lors connues des SIG.

Un changement survenu avec le passage à la RU est le fait qu'une partie du courant produit par les propriétaires est autoconsommé alors qu'avant il était intégralement injecté. Les SIG peuvent désormais seulement estimer la part d'autoconsommation alors qu'auparavant ils devaient la mesurer pour calculer la RPC.

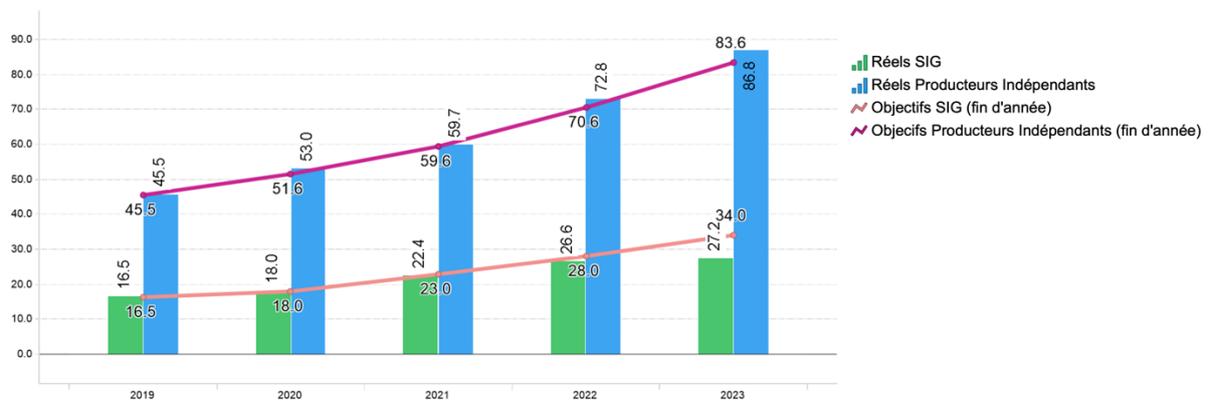
Les installations n'ayant pas droit à une subvention fédérale, car d'une puissance inférieure à 2 kW, ou dont les propriétaires sont hors réseau sont très rares à Genève, mais, ils pourraient échapper à ce recensement. Par ailleurs, une possibilité nouvelle de produire son courant solaire existe pour les locataires via de nouvelles technologies dites « plug & play ». Autorisées par la confédération depuis 2014 dans la limite d'une puissance de 600W par logements¹⁰⁶. En équipant le balcon bien ensoleillé, qu'il loue, de panneaux souples légers branchés à une prise murale de son logement, un locataire peut autoconsommer son courant solaire déduit de sa

¹⁰⁵ Ibid.

¹⁰⁶ Installations photovoltaïques Plug&Play, SuisseEnergie, 2023

facture courante. Par définition, ce type d'installation inférieure à 2kW ne bénéficie d'aucun encouragement dans la politique actuelle. Peut-être ce type d'équipement est-il plutôt considéré par les pouvoirs publics comme une mesure de réduction de la consommation électrique des ménages grâce à une mesure d'autoconsommation, ce qui explique son exclusion actuelle. Toutefois, en terre genevoise, la majorité des logements sont occupés par des locataires qui n'ont pas le choix d'équiper leurs logements en dur. Le seul encouragement que le locataire autoproduteur genevois peut espérer à l'heure actuelle est un doublement du montant annuel d'énergie non consommée (grâce à ses panneaux solaires) par rapport à l'année précédente par les SIG dans le cadre des mesures d'encouragement des économies d'énergies. Les chiffres globaux cantonaux fournis par les SIG quant à la production solaire réalisée sont les suivants :

Figure 37 - Évolution de la puissance photovoltaïque cumulée installée (en MW) dans le canton de Genève en regard des objectifs fixés ¹⁰⁷



On constate que la production cumulée atteindra certainement l'objectif fixé pour les SIG comme pour les propriétaires du canton en 2023 comme pour les années précédentes.

¹⁰⁷ Rapport mensuel des installations solaires du 13 novembre 2023, Services industriels de Genève SIG, 2023

10.3.1 Les résultats selon les types de bâtiments

En 2022, les SIG ont calculé la répartition de la puissance photovoltaïque réalisée totale (de 72 MW) dans le canton selon le type de bâtiments équipés et la catégorie de puissance.

Figure 38- Répartition de la production photovoltaïque selon la catégorie de puissance en 2022 ¹⁰⁸

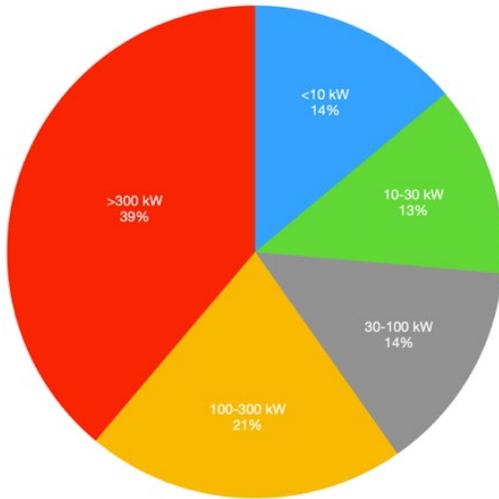
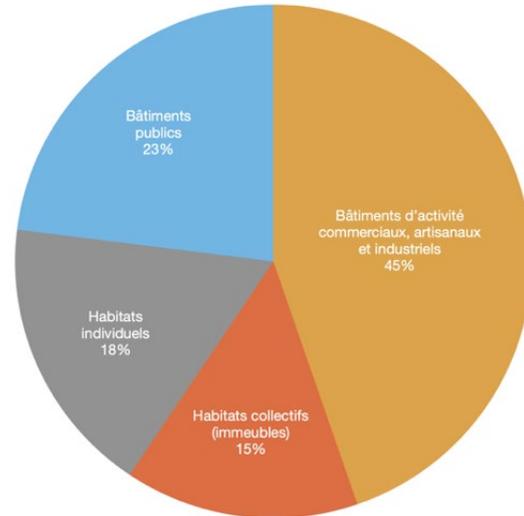


Figure 39 - Répartition de la production photovoltaïque 2022 selon le type de bâtiment équipé ¹⁰⁸



Les installations de plus de 100 kW qui perçoivent la GRU ou la RUE constituent donc, avec près de 60%, la plus grande part de la production actuelle photovoltaïque genevoise (addition des installations de plus de 100 kW et de plus de 300 kW).

Les SIG ont aussi comparé la production installée en regard du potentiel photovoltaïque précédemment identifié en fonction de la catégorie de puissance des bâtiments.

Figure 40 - Part du potentiel photovoltaïque de chaque catégorie de puissance exploitée en 2022 ¹⁰⁸

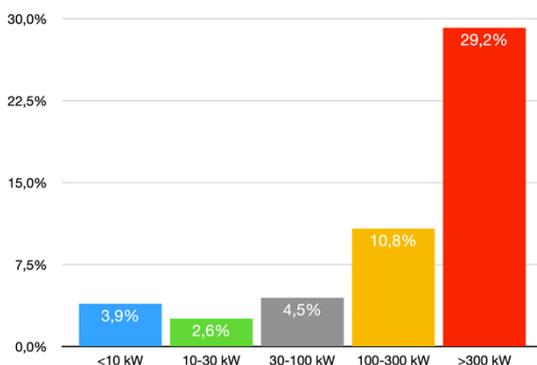
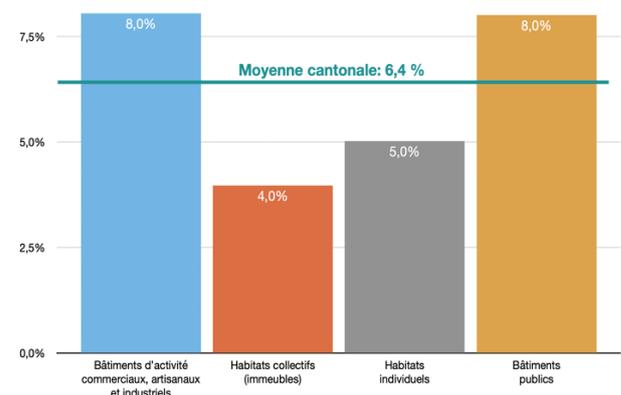


Figure 41 - Part du potentiel photovoltaïque exploité de chaque type de bâtiment en 2022 ¹⁰⁸



Il ressort de ce graphique que le potentiel photovoltaïque des surfaces de plus de 300 kW est celui le mieux exploité dans le canton, avec près d'un tiers réalisé. Il existe en revanche un potentiel inférieur à la moyenne nationale globale (6% en 2022) dans les catégories de

¹⁰⁸ Statistiques internes SIG 2022.

puissances inférieures à 100 kW. Les habitats collectifs (immeubles) souffrent d'un « retard » de réalisation. Il semble donc que les immeubles soient le type de biens qui est le moins stimulé par la politique publique. Comme expliqué par l'étude du WWF¹⁰⁹, ce type de propriétaires et ses intermédiaires, sont ceux qui ont le plus de mal à initier ce type de projets. L'autoconsommation dans les immeubles demande d'organiser une communauté de consommation entre les différents logements en RCP par exemple. Une telle organisation requiert une gestion de refacturation souvent trop complexe à administrer pour les immeubles en PPE, quand elle devient presque impossible dans les immeubles locatifs (tous les locataires doivent accepter d'acheter le courant produit par le propriétaire plutôt que celui proposé par les SIG souvent moins cher).

Un de nos interlocuteurs suivant la réalisation de projets de centrales solaires sur des immeubles du canton en qualité d'ingénieur-conseil ¹¹⁰, nous indique qu'il est très rare que les installations sur des immeubles genevois aillent au-delà de la couverture de l'autoconsommation des seuls communs de l'immeuble (éclairage des communs, machines à laver de l'immeuble, alimentation PAC si existante). Dès lors, les propriétaires d'immeubles peuvent encore très difficilement maximiser la part d'autoconsommation des logements ou bureaux occupés. Cette situation explique peut-être pour partie le retard des immeubles à s'équiper puisqu'incapable de « profiter » de tout leur potentiel disponible d'autoconsommation sans des montages complexes, longs à mettre en place. Face à un potentiel d'autoconsommation réalisable faible, il est probable que certains projets sur des immeubles ne se réalisent pas faute d'une rentabilité suffisante avec une part d'autoconsommation réalisable trop faible et une incitation à l'injection insuffisante.

11. Recommandations

Vers une meilleure planification

Le déploiement solaire dans le Canton de Genève souffre d'un manque de planification claire, notamment territoriale. Pour y pallier, l'État de Genève devrait, avec l'aide des SIG et des communes, intégrer dans son plan directeur de l'énergie une véritable sectorisation spatiale des zones qu'il identifie comme devant prioritairement être équipées en solaire. Les critères d'une telle priorisation pourraient être par exemple :

- Les zones offrant un réseau existant suffisant pour assurer la réinjection de l'électricité solaire produite.
- Les zones présentant un facteur d'exposition supérieur (zones à faibles ombres portées sans hauts bâtiments et sans végétation importante).
- Les zones constituées de grandes surfaces individuelles à équiper plutôt que de nombreuses petites surfaces avec des coûts fixes d'installation plus importants.
- Les zones proposant des possibilités de communautés d'autoconsommation plus importantes (proximité entre les toits producteurs et de grands consommateurs, par exemple les zones industrielles et artisanales).

¹⁰⁹ GENÈVOLTAÏQUE - Accélération du solaire photovoltaïque pour atteindre 350GWh en 2030 à Genève, WWF, 2023

¹¹⁰ Entretien du 23 novembre 2023, M Alain Gaumann - Membre du comité, 2023

Un service de conseil spécifique dédié à l'équipement des immeubles d'habitation devrait être offert par le Canton, pendant une période transitoire, afin de convaincre ce type de propriétaires d'équiper leurs biens de la manière la plus complète possible. Certaines communes se sont regroupées à cette fin de manière pilote. Un tel modèle mériterait une institutionnalisation cantonale offerte sur tout le territoire, bénéficiant d'une stratégie d'approche ciblée, afin d'impulser des équipements d'immeubles. Les réserves observées chez ces grands propriétaires souvent institutionnels (ou les régies qui les représentent) gagneraient à être levées grâce à une offre d'expertise publique indépendante, de simulation technique et de rentabilité financière, d'accompagnement dans les démarches administratives, de certifications des équipements et prestataires, mais aussi de cautionnement des investissements et des subventions. Par ailleurs, le modèle d'intermédiaire entre l'achat et la distribution au sein de communautés d'autoconsommation devrait être renforcé au sein des SIG afin de soulager les propriétaires d'immeubles de cette responsabilité de « régie énergétique » chargés de refacturer l'énergie autoconsommée à leurs locataires. En effet, le retard constaté sur ce type de biens dont le potentiel représente près d'un quart du potentiel cantonal pèse sur l'atteinte des objectifs cantonaux en matière d'équipement photovoltaïque.

Vers une meilleure coordination

Afin de s'assurer de la coordination des différentes strates de subventions fédérales, cantonales et communales, un registre cantonal des subventions solaires octroyées pourrait être institué. Il permettrait à tous les acteurs de mesurer la pertinence et l'efficacité des subventions octroyées. Il permettrait aussi le contrôle du cumul de subventions en faveur des projets sous-optimaux par la traçabilité des subventions qu'il autoriserait. Un tel registre administré par le Canton, ou les SIG sous sa délégation, serait renseigné par les communes lors de l'octroi de leurs subventions. Un rôle de délivrance coordonnée par les communes de l'ensemble des subventions fédérales, cantonales et communales au propriétaire simplifierait leur octroi et les démarches pour les propriétaires. Étant les instances les plus proches du terrain, elles permettraient ainsi au Canton d'avoir un suivi précis du développement solaire sur son territoire, de mesurer l'atteinte ou non de ses objectifs d'équipement et de prendre les actions correctives nécessaires le cas échéant.

À l'échelon communal, une plus grande concertation au sein de l'association des communes genevoises sur les questions de subventionnement solaire serait souhaitable. En effet, les communes offrant aujourd'hui une subvention n'ont pas le moyen de comparer ses effets à d'autres modèles communaux. Un outil comme le registre cantonal des subventions permettrait aux communes un examen de leur politique en la matière par cette comparaison intercommunale. Les territoires communaux présentant des réalités urbanistiques différentes, il sera donc inévitable que des critères différents puissent présider à l'octroi de leurs subventions. En revanche, un tel outil devrait leur permettre de mesurer l'atteinte de leurs objectifs annoncés et inciter d'autres communes à offrir une subvention dont l'efficacité serait mesurable.

Vers une meilleure allocation

Afin de réduire le risque d'allocation sous-efficace des subventions, une priorisation en faveur des projets les plus pertinents énergétiquement devrait être mise en place. Ainsi, concernant la RU fédérale distribuée dans le canton de Genève, les invites des évaluations réalisées par le CDF et l'OFEN semblent demeurer valables. Une réduction de la RU pour les petites installations moins sensibles aux aspects financiers et une augmentation ciblée vers les projets bénéficiant de la GRU pourrait aussi profiter aux immeubles du canton qui sont encore « en retard ».

À l'échelon cantonal, en lieu et place d'une subvention identique sur tout le territoire, une version différenciée tenant compte de priorités cantonales des zones devant prioritairement être couvertes serait plus cohérente. Pour ce faire, la subvention ne serait plus offerte à tous les projets, mais serait plus importante, ou réservée, aux projets les plus pertinents. Cela suppose que les subventions communales et cantonales ne soient plus dépendantes de la délivrance de la RU, mais puissent reposer sur leurs propres critères d'octroi. Comme pour certaines subventions fédérales, un système d'enchère à l'échelle locale octroyant une subvention seulement aux projets les plus efficaces pourrait aussi être imaginé. À titre illustratif, une telle priorisation par le canton et les communes pourrait se faire en fonction de critères tels que :

- Le taux d'efficacité en kWh prévus par CHF de subvention octroyée.
- Le taux de « bonne toiture » équipée dans chaque projet. Ces données sont en effet déjà disponibles pour tous les bâtis aujourd'hui dans le cadastre solaire genevois. Les propriétaires genevois souhaitant bénéficier d'une subvention supplémentaire à la RU devraient être incités à couvrir l'optimum de production de leur toit selon le cadastre. Une sous-exploitation devrait par exemple baisser ou supprimer le droit à une subvention communale ou cantonale. Un tel modèle permettrait aussi de sensibiliser les propriétaires à l'existence d'un tel optimum et les inciter à fournir une énergie réinjectée par l'équipement des surfaces de leur toit qui en valent la peine.
- Un taux de subventionnement plus important des toits plats moins onéreux, car plus simples à équiper que les toits en pente.
- Une priorité donnée aux projets prévoyant des communautés d'autoconsommation (comme les zones industrielles et artisanales par exemple). Les propriétaires d'immeubles d'habitations genevois seraient aussi plus fortement incités à considérer ce type de revente du courant de leurs immeubles à leurs locataires.

Vers une plus grande part d'injection :

Le prix de rachat par les SIG du courant réinjecté subissant des variations annuelles imprévisibles gagnerait à être fixé pour des périodes plus longues permettant aux propriétaires d'avoir une meilleure prévisibilité sur les rendements financiers de la part de leur installation dédiée à l'injection. C'est en effet le principal frein cité par les petits propriétaires genevois à une couverture plus importante de leur toit.

Le modèle de subvention cantonale à l'installation pourrait aussi ne concerner dorénavant, pour les petits projets, que la part d'injection prévue. Comme exposé, la part des installations dédiée à l'autoconsommation de certains projets est déjà rentable sur la durée de vie et parfois beaucoup plus vite sans subventions supplémentaires. Ce faisant, ce modèle se reprocherait des recommandations fédérales appelant à une baisse du subventionnement des petites installations. Seule la part des petites installations servant le but d'injection serait dès lors encouragée, en plus du prix de rachat du courant produit durant la période d'exploitation, afin de créer un incitatif supplémentaire à l'équipement optimal des toitures de petits propriétaires genevois.

12. Conclusions

La politique photovoltaïque en Suisse vise à inciter les propriétaires du bâti existant à équiper les surfaces disponibles sur leurs toits et façades de centrales solaires de la manière la plus optimale possible en allant au-delà de leurs seuls besoins d'autoconsommation. Cette stratégie répond à des besoins électriques croissants et à une disparition programmée du nucléaire. Les limitations du solaire notamment en hiver imposent que le bâti existant soit équipé. Les outils d'incitation retenus par la Confédération, le Canton de Genève et certaines Communes, semblent tous garantir l'atteinte des objectifs cantonaux jusqu'en 2023. Toutefois, les ambitions cantonales de production photovoltaïque prévoient une forte augmentation de la nouvelle production à installer chaque année. Un tel objectif imposera de mieux équiper chaque surface au plus près de son optimum. Sans cela, le potentiel exploitable sera sous-exploité et on ne pourra atteindre les objectifs qu'en démultipliant le nombre d'installations pour compenser leur manque d'efficacité énergétique respective.

Sans que l'on puisse établir ici l'influence réelle des interventions cantonales et communales sur la réalisation de la puissance installée en regard des autres facteurs pouvant influencer les propriétaires genevois (baisse du prix des installations, prix en hausse de l'électricité, pression sociale quant au réchauffement climatique par exemple), il a été démontré que l'incitation fédérale (RU) n'a eu un effet sur la décision d'équipement que sur la moitié des propriétaires. Quant à l'objectif d'optimisation des installations afin d'exploiter la plus grande part « utile » des surfaces disponibles et de fournir du courant injecté, ni la subvention cantonale ni la subvention communale ne semblent avoir amélioré la situation. Le manque de coordination verticale et horizontale actuel de cette politique publique conduit parfois à un manque de cohérence de celle-ci. La planification géographique du déploiement solaire avec des critères de priorités de subvention favorisant certains projets dont la part dédiée à l'injection devrait être maximale constituerait certainement une avancée en faveur de l'atteinte des objectifs fixés. Le canton de Genève fortement urbanisé et surtout locatif souffre en effet d'un manque d'incitation suffisante pour les propriétaires d'immeubles qui détiennent pourtant une bonne part (25%) de la solution au problème.

Les problèmes constatés de coordination et d'allocation sous-optimale de cette politique publique sont notamment le résultat d'un manque de planification par l'État de Genève de la question photovoltaïque déléguée principalement aux SIG. Le Canton gagnerait à la création d'un véritable plan sectoriel des zones prioritaires pour les installations solaires sur son territoire. Forts de ces priorités identifiées, les modalités de délivrance des subventions

cantonaux devraient être alignées sur ces objectifs (types de surfaces, projets visant l'injection, et de lieux à favoriser) en mettant fin au système de subvention actuelle offerte à tous, sans distinction de pertinence stratégique, de rentabilité financière ou d'efficacité énergétique, selon le principe du « premier arrivé, premier servi ».

Des solutions, telles que la mise en place d'un registre cantonal des subventions solaires qui seraient délivrées et renseignées au niveau communal permettrait aussi une meilleure coordination des différents niveaux de subventions et ses acteurs (différentes communes et le canton notamment), en plus de permettre de mesurer l'effet de ces mesures (aujourd'hui rendu difficile par le manque de chiffres disponibles).

Enfin, un rôle de conseil, d'expertise et de facilitateur de l'État au travers d'un guichet dédié aux propriétaires d'immeubles d'habitation permettrait certainement d'impulser de nouveau projet d'équipement de ces objets qui sont ceux qui accusent le plus grand retard dans l'exploitation de leur potentiel solaire censé représenter pas moins d'un quart du potentiel cantonal.

Bibliographie :

Références Scientifiques

Analyse et pilotage des politiques publiques - Volume 2, Peter Knoepfel, Corinne Larrue and Frédérique Varone, Édition Rüegger, France, Suisse, Canada, 2022

Comprendre et concevoir l'administration publique Le modèle IDHEAP, Nils Soguel, Pirmin Bundi, Tobias Mettler and Sophie Weerts, EPFL PRESS, Lausanne, 2023

Evaluation : a systematic approach, Peter H. Rossi, Mark W. Lipsey and Gary T. Henry, SAGE Los Angeles, Los Angeles, Eighth edition, 2019

Evaluation: Grundlagen, Ansätze und Anwendungen, Thomas Widmer and Thomas De Rocchi, 2012

Evaluation. In: Klaus Schubert/ Nils Bandelow (Hrsg.), Fritz Sager and Markus Hinterleitner, 2014

Préférences pour les technologies liées aux énergies renouvelables, Maria Lagomarsino, Ulf H. Hahnel, Marten van der Kam and David Parra, 2021

Quantifying the degree of fragmentation of policies targeting household solar PV in Switzerland, Schmidt Tobias, Stadelmann-Steffen, Dukan Isabelle, Mak Giger, David Schmid and Nicolas Schneuwly, 2023

(Ré)concilier les politiques du patrimoine et de l'énergie, Stéphane Nahrath, monuments vaudois, 2023

Bases légales et réglementaires et documents administratifs

Arrêt du 19 juin 2020, Cour de justice de la Chambre constitutionnelle de la République et Canton de Genève - ACST/16/2020, 2020

https://silgeneve.ch/legis/program/books/rsg/htm/L230p01_ACST_16_2020.pdf

Arrêt du 23 août 2022, ATA/826/2022, Cour de justice de la Chambre administrative de la République et Canton de Genève, 2022

https://www.lawinside.ch/wp-content/uploads/2022/11/ATA_000826_2022_A_2091_2021.pdf

Convention d'objectifs période entre le Canton de Genève et les Services industriels de Genève pour la période 2020-2024, Conseil d'État de la République et canton de Genève, 2021

<https://www.ge.ch/document/24629/telecharger>

Électricité SIG 2023, Services industriels de Genève SIG, 2023

https://ww2.sig-ge.ch/sites/default/files/inline-files/31082022_SIG_Tarifs_electricite2023_V%20def.pdf

Encouragement de la production d'électricité issue des énergies renouvelables en 2023: 600 millions de francs pour les installations photovoltaïque, Office fédéral de l'énergie OFEN, 2022

<https://www.admin.ch/gov/fr/accueil/documentation/communiques.msg-id-91897.html>

Encouragement des installations photovoltaïques, rétribution unique et bonus : ce qu'il faut savoir, Office fédéral de l'énergie OFEN, 2022

<https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/foerderung/erneuerbare-energien/einmalverguetung.exturl.html/aHR0cHM6Ly9wdWJkYi5iZmUuYWWRtaW4uY2gvZnIvcHVibGljYX/Rpb24vZG93bmxvYWQvNzIzOA==.html>

Grandes installations photovoltaïques, Office fédéral de l'énergie OFEN, 2023

<https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/approvisionnement/energies-renouvelables/energie-solaire/grandes-installations-photovoltaïques.html>

Guide pour les installations solaires à Genève, État de Genève, 2022

<https://www.ge.ch/document/30384/telecharger>

Message concernant la loi relative à un approvisionnement en électricité sûr reposant sur des énergies renouvelables, Conseil Fédéral, 2021

<https://www.admin.ch/gov/fr/accueil/documentation/communiqués.msg-id-84018.html>

Mesure SIG - Installation Solaire Photovoltaïque, Services industriels de Genève SIG, 2023

<https://www.ge-energie.ch/sites/default/files/inline-files/2023-02-27-Catalogue-des-subventions.pdf>

Notice N° 1/2022 - Déductibilité des frais d'entretien des immeubles privés, Administration fiscale cantonale genevoise AFC, 2022

<https://www.ge.ch/document/notice-1/2022-deductibilite-frais-entretien-immeubles-privés>

Participation aux enchères pour le photovoltaïque, Office fédéral de l'énergie OFEN, 2022

<https://www.newsd.admin.ch/newsd/message/attachments/75395.pdf>

Plan directeur de l'énergie 2020 - 2030, État de Genève, 2020

<https://www.ge.ch/document/22488/telecharger>

Principales nouveautés du droit de l'énergie à partir de 2018, Office fédéral de l'énergie OFEN, 2017

<https://www.newsd.admin.ch/newsd/message/attachments/50167.pdf>

Projet de loi approuvant le rapport de gestion des Services industriels de Genève (SIG) pour l'année 2022, Canton de Genève, 2023

<https://ge.ch/grandconseil/grandconseil/data/texte/PL13295.pdf>

Rapport explicatif concernant la révision de l'ordonnance sur l'aménagement du territoire (installations solaires en dehors des zones à bâtir), Confédération Suisse, 2022

https://www.fedlex.admin.ch/filestore/fedlex.data.admin.ch/eli/dl/proj/2021/102/cons_1/doc_8/fr/pdf-a/fedlex-data-admin-ch-eli-dl-proj-2021-102-cons_1-doc_8-fr-pdf-a.pdf

Rétributions de l'énergie électrique et de la garantie d'origine des installations photovoltaïques, Services industriels de Genève SIG, 2023

https://media.sig-ge.ch/documents/tarifs_reglements/electricite/tarifs/retribution_energie_electrique.pdf

Rapports publics

Audit de l'impact des subventions allouées aux grandes installations photovoltaïques, Office fédéral de l'énergie OFEN, 2023

https://www.efk.admin.ch/images/stories/efk_dokumente/publikationen/_sicherheit_und_umwelt/energie_und_kommunikation/22325/22325BE-WiK-f.pdf

Développer massivement le solaire thermique et photovoltaïque dans le canton de Genève, Canton de Genève, 2020

<https://www.ge.ch/document/22488/annexe/10>

Du solaire en façade, WWF, 2023

[https://www.wwf-](https://www.wwf-ge.ch/fileadmin/user_upload_section_ge/Menu/WWF_Geneve/Nos_thematiques/Genevoltaique-FicheConseil03_du_solaire_en_Facade.pdf)

[ge.ch/fileadmin/user_upload_section_ge/Menu/WWF_Geneve/Nos_thematiques/Genevoltaique-FicheConseil03_du_solaire_en_Facade.pdf](https://www.wwf-ge.ch/fileadmin/user_upload_section_ge/Menu/WWF_Geneve/Nos_thematiques/Genevoltaique-FicheConseil03_du_solaire_en_Facade.pdf)

Énergie solaire – évidemment, SwisSolar, 2022

https://www.electrosuisse.ch/wp-content/uploads/2019/10/Energie-solaire_Web.pdf

Évaluation externe des rétributions uniques pour les installations photovoltaïques et les regroupements pour l'autoconsommation (ZEV) de 2018 à 2020, Office fédéral de l'énergie OFEN, 2022

<https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/news-und-medien/evaluationen.exturl.html/aHR0cHM6Ly9wdWJkYi5iZmUuYWRTaW4uY2gvZGUvcHVibGljYX/Rpb24vZG93bmxvYWQvMTA5ODQ=.html>

Fiscalité des installations photovoltaïques, SuisseEnergie, 2020

<https://pubdb.bfe.admin.ch/fr/publication/download/10343>

GENÈVOLTAÏQUE - Accélération du solaire photovoltaïque pour atteindre 350GWh en 2030 à Genève, WWF, 2023

https://www.wwf-ge.ch/fileadmin/user_upload_section_ge/Menu/WWF_Geneve/Nos_thematiques/Genevoltaique_rapportfinal_WWF_2023.pdf

Installations photovoltaïques Plug&Play, SuisseEnergie, 2023

<https://pubdb.bfe.admin.ch/fr/publication/download/11259>

Rapport de l'étude «Avenir énergétique 2050», Association des entreprises électriques suisses AES, 2022

<https://www.strom.ch/fr/document/avenir-energetique-2050-lapprovisionnement-energetique-de-la-suisse-jusquen-2050>

Stratégie énergétique 2050 rapport de monitoring 2021, Office fédéral de l'énergie OFEN, 2021

<https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/versorgung/statistik-und-geodaten/monitoring-energiestrategie-2050.exturl.html/aHR0cHM6Ly9wdWJkYi5iZmUuYWRTaW4uY2gvZnVlcHVibGljYX/Rpb24vZG93bmxvYWQvMTA3NzQ=.html>

Stratégie transversale solaire photovoltaïque (PV), Services industriels de Genève SIG, 2022

Sources statistiques

Bâtiments selon le type de propriétaire, la branche d'activité économique (NOGA1)) et le type de communauté, par canton - T 09.02.05.03, Office fédéral de la statistique OFS, 2020

<https://dam-api.bfs.admin.ch/hub/api/dam/assets/22444739/master>

Bâtiments selon le type et logements selon le nombre de pièces, par commune, depuis le 1er trimestre 2013 - T 09.02.1.1.01, Office cantonal genevois de la statistique OCSTAT, 2023

https://statistique.ge.ch/domaines/09/09_02/tableaux.asp#1:~:text=B%C3%A2timents%20selon%20le%20type%20et%20logements%20selon%20le%20nombre%20de%20pi%C3%A8ces%2C%20par%20commune%2C%20depuis%20le%201er%20trimestre%202013

Développement de l'énergie solaire dans les cantons jusqu'à fin 2021, Office fédéral de l'énergie OFEN, 2021

<https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/approvisionnement/statistiques-et-geodonnees/statistiques-de-lenergie/statistiques-sectorielles.html>

Indicateurs de l'évolution des émissions de gaz à effet de serre en Suisse 1990–2022, Office fédéral de l'environnement OFEV, 2023

https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/fr/dokumente/klima/fachinfo-daten/kenngruessen_thg_emissionen_schweiz.pdf.download.pdf/Kenngr%25C3%25B6ssen_2024_FR.pdf

Installations de production d'électricité, Office fédéral de l'énergie OFEN, 2023

<https://opendata.swiss/fr/dataset/elektrizitatsproduktionsanlagen>

Logements de locataires, Office fédéral de la statistique OFS, 2022

<https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiques/construction-logement/logements/logements-locataires.html>

Logements existants, logements vacants et taux de vacance, depuis 1985 - T 09.02.2.2.02, Office cantonal genevois de la statistique OCSTAT, 2023

https://statistique.ge.ch/domaines/09/09_02/tableaux.asp#7::~text=Logements%20existants%2C%20logements%20vacants%20et%20taux%20de%20vacance%2C%20depuis%201985

Observation des prix de marché photovoltaïque 2021, SwissEnergie Office fédéral de l'énergie OFEN, 2022

<https://pubdb.bfe.admin.ch/fr/publication/download/11159>

Perspectives énergétiques 2050+, Office fédéral de l'énergie OFEN, 2020

<https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/politik/energieperspektiven-2050-plus.exturl.html/aHR0cHM6Ly9wdWJkYi5iZmUuYWRTaW4uY2gvZnlvcHVibGljYX/Rpb24vZG93bmxvYWQvMTAzMjA=.html>

Plan directeur métier, Services industriels de Genève SIG, 2022

Rapport mensuel des installations solaires du 13 novembre 2023, Services industriels de Genève SIG, 2023

Statistique des bâtiment et des logements, Office fédéral de la statistique OFS, 2021

<https://www.bfs.admin.ch/news/fr/2022-0075>

Statistique suisse de l'électricité 2021, Office fédéral de l'énergie OFEN, 2021

<https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/elektrizitaetsstatistik.exturl.html/aHR0cHM6Ly9wdWJkYi5iZmUuYWRTaW4uY2gvZnlvcHVibGljYX/Rpb24vZG93bmxvYWQvMTA5NDI=.html>

Statistique suisse des énergies renouvelables, Office fédéral de l'énergie OFEN, 2023

<https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/11448>

Statistique suisse des zones à bâtir 2022, Office fédéral du développement du territoire ARE, 2022

https://www.are.admin.ch/dam/are/fr/dokumente/grundlagen/dokumente/bzs_2022.pdf.download.pdf/Statistique%20suisse%20des%20zones%20%C3%A0%20b%C3%A2tir%202022.pdf

Statistiques de l'énergie solaire, Office fédéral de l'énergie OFEN, 2023

https://www.swissolar.ch/03_angebot/news-und-medien/statistik-sonnenenergie/statistique_energie_solaire_2022_rapport_fr_final.pdf

Type de propriétaire des logements de locataires par canton, Office fédéral de la statistique OFS, 2023

<https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/actualites/quoi-de-neuf.assetdetail.24129510.html>

Entretiens

Entretien du 1er septembre 2023, Dr. Elliot Romano - Adjoint Scientifique, Université de Genève

Entretien du 16 novembre 2023, Un responsable du secteur de la construction et de l'énergie d'une de communes offrant une subvention photovoltaïque souhaitant rester anonyme, Commune genevoise anonyme

Entretien du 23 aout 2023, M Laurent Tippenhauer - Chargé des affaires politiques Office cantonal de l'énergie, État de Genève

Entretien du 23 novembre 2023, M Alain Gaumann - Membre du comité, Pic-Vert association de défenses des propriétaires individuels de biens immobiliers situés dans le Canton de Genève

Entretien du 28 novembre 2023, M Dario Poroli - Responsable de projets dans le domaine de l'énergie, Commune de Meyrin

Entretien du 30 octobre 2023, Bernard Lugin - Chef du département environnement, Commune de Bernex

Entretien OCEN du 3 juillet 2023, M Cédric Petitjean - Directeur général de l'Office cantonal de l'énergie, État de Genève

Autres références

Augmentation de la demande d'électricité, Peter Richner - Empa, 2020
<https://www.avenir-suisse.ch/fr/augmentation-de-la-demande-deelectricite/>

Cadastre solaire, État de Genève, <https://sitg-lab.ch/solaire/>

Check-devis-solaire, SuisseEnergie, 2023
<https://www.suisseenergie.ch/tools/check-devis-solaire/>

Gouvernance des SIG: le chaos, Bilan, 2014

L'AUTOCONSOMMATION PHOTOVOLTAÏQUE, Groupe Roy Energy, 2023
<https://www.gre-enr.fr/autoconsommation-photovoltaique/>

La justice genevoise soutient l'installation de panneaux photovoltaïques, LE JOURNAL DE L'IMMOBILIER • NO 53, 2022
<https://jim.media/articles-jim/articles-de-une/la-justice-genevoise-soutient-linstallation-de-panneaux-photovoltaiques/>

La pose de panneaux solaires facilitée avec le nouveau cadastre solaire du Grand Genève, État de Genève, 2020
<https://ge.ch/sitg/actualites/la-pose-de-panneaux-solaires-facilitee-avec-le-nouveau-cadastre-solaire-du-grand-geneve>

Le solaire victime de son succès, Le Temps, 2009
<https://www.letemps.ch/opinions/solaire-victime-succes>

Les toits et les façades des maisons suisses pourraient produire 67 TWh d'électricité solaire par an, Office fédéral de l'énergie OFEN, 2019
<https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/actualites-et-medias/communiques-de-presse/mm-test.msg-id-74641.html>

Photovoltaïcs - Présentation du 29 juin 2022 durant la visite Swissgrid, Christophe Ballif, 2022

Un député est chargé de surveiller les SIG, qui l'emploient, Tribune de Genève, 2023
<https://www.tdg.ch/grand-conseil-genevois-un-depute-est-charge-de-surveiller-les-sig-qui-l-emploient-324177017583>

Zone de développement, Chambre genevoise immobilière, 2023
<https://devenirproprietaire.ch/lexique/zone-de-developpement>