

Université Libre de Bruxelles

Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire

Faculté des Sciences

Master en Sciences et Gestion de l'Environnement

**Fin du principe de compensation pour  
le photovoltaïque à Bruxelles et perception  
de ce changement par les prosumers**

Mémoire de Fin d'Etudes présenté par

CIELEN, Suzanna

en vue de l'obtention du grade académique de

Master en Sciences et Gestion de l'Environnement

Finalité Gestion de l'Environnement M-ENVIG

Directeur : Prof. Michel Huart

Année académique 2017 - 2018



# Abstract

Avec l'augmentation incessante de la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique et la diminution de leur coûts, les gouvernements réduisent graduellement le soutien financier qu'ils offraient historiquement à ces nouvelles technologies. De plus, les mécanismes habituellement utilisés pour soutenir leur développement s'avèrent aujourd'hui ne plus répondre aux défis techniques liés à leur variabilité et leur caractère décentralisé et créent, dans certains cas, des inégalités. Les mécanismes de soutien doivent dès lors être repensés pour mieux répondre à cette évolution.

Ce travail s'intéresse particulièrement au cas de la fin de la compensation pour le photovoltaïque résidentiel à Bruxelles. Il apporte un regard critique sur les raisons qui ont poussé le régulateur bruxellois à supprimer ce mécanisme de soutien et évalue les implications de ce changement. Dans le cadre de cette analyse, une enquête d'opinion a été développée et disséminée auprès de plus de 2 800 prosumers. Un taux de réponse satisfaisant de 17% a permis d'obtenir des résultats significatifs. Les résultats révèlent une opposition majoritaire des répondants à ce changement de politique. Les prosumers se montrent cependant généralement prêts à adapter leurs habitudes de consommation en conséquence, ce qui confirme l'intérêt de cette mesure. Différentes hypothèses sont testées à l'aide de méthodes d'inférence statistique pour étudier les possibles relations entre le niveau de technicité et de compréhension des répondants vis-à-vis du système électrique ou les motivations qui les ont poussés à investir, et leur tendance à accepter cette évolution de politique, ou à s'y adapter par des changements comportementaux. Les principaux résultats permettent d'affirmer que la conscience du changement impacte positivement la volonté de changer ses habitudes de consommation et que la sensibilité à la cause environnementale diminue l'intensité de l'opposition. Un lien significatif ne peut en revanche être établi entre le niveau de maîtrise technique du système électrique et la perception du changement. Ces résultats sont d'un intérêt particulier pour l'orientation des futures campagnes d'information et de sensibilisation, que celles-ci soient destinées aux prosumers actuels ou aux futurs investisseurs.

**Mots-clés** : photovoltaïque, prosumer, principe de compensation, autoconsommation, enquête d'opinion.



# Remerciements

Tout d'abord, je tenais à remercier mon promoteur, M. Michel Huart, pour sa disponibilité, son aide et ses nombreux conseils tout au long de l'année.

J'aimerais également remercier BRUGEL, et en particulier M. Régis Lambert, pour tout le temps qu'il m'a consacré et pour l'aide dans la diffusion de l'enquête. Cette précieuse collaboration a permis à ce travail de prendre une toute autre dimension.

Merci également à M. Xavier Van Roy pour les informations qu'il m'a communiquées et qui m'ont permis de faire avancer mon enquête.

Merci à ma famille de m'avoir encouragée depuis le début et tout au long de mon parcours universitaire. Merci d'avoir toujours cru en moi.

Merci enfin à tout ceux qui m'ont soutenue et accompagnée dans cette dernière ligne droite. Un merci particulier à Maxime pour sa relecture et ses conseils, à ma maman pour ses grandes (et petites) attentions et à Klara et Nicolas pour leurs nombreux conseils, leur patient travail de relecture et correction et pour m'avoir remonté le moral lorsque cela était nécessaire. Merci d'avoir été là tout au long de cette épreuve.



# Table des matières

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Introduction</b>   | <b>3</b>  |
| Contexte de l'étude . . . . .   | 3         |
| Objectifs . . . . .   | 5         |
| Méthodologie générale . . . . .                                       | 5         |
| <b>1 Contexte général</b>   | <b>7</b>  |
| 1.1 Développement du photovoltaïque . . . . .                         | 7         |
| 1.1.1 Niveau international . . . . .                                  | 7         |
| 1.1.2 Description du parc PV belge . . . . .                          | 8         |
| 1.2 Prix de détail de l'électricité . . . . .                         | 9         |
| 1.3 Production décentralisée . . . . .                                | 11        |
| 1.3.1 Généralités . . . . .   | 11        |
| 1.3.2 Problèmes de prévisibilité et de fiabilité . . . . .            | 12        |
| 1.3.3 Mécanismes de soutien . . . . .                                 | 12        |
| 1.4 Conclusion . . . . .  | 14        |
| <b>2 Vers la fin de la compensation</b>                               | <b>15</b> |
| 2.1 Critique du principe de compensation . . . . .                    | 15        |
| 2.1.1 Généralités . . . . .   | 15        |
| 2.1.2 Pourquoi une fin de compensation à Bruxelles ? . . . . .        | 17        |
| 2.2 Mise en oeuvre à Bruxelles . . . . .                              | 18        |
| 2.2.1 Vers une fin de compensation . . . . .                          | 18        |
| 2.2.2 Débat autour de la fin de la compensation à Bruxelles . . . . . | 19        |
| 2.2.3 Impact financier . . . . .                                      | 19        |
| 2.3 Autoconsommation photovoltaïque . . . . .                         | 20        |
| 2.3.1 Définitions . . . . .   | 20        |
| 2.3.2 Bénéfices et risques potentiels . . . . .                       | 22        |
| 2.3.3 Optimisation de l'autoconsommation . . . . .                    | 23        |
| 2.3.4 Situation à Bruxelles . . . . .                                 | 25        |
| 2.4 Conclusion . . . . .  | 26        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>3</b> | <b>Enquête - Perception du système de soutien au photovoltaïque et de la fin de compensation</b>             | <b>27</b> |
| 3.1      | Méthodologie . . . . .   | 28        |
| 3.1.1    | Objectifs . . . . .  | 28        |
| 3.1.2    | Construction du questionnaire . . . . .  | 28        |
| 3.1.3    | Diffusion du questionnaire . . . . .   | 30        |
| 3.2      | Résultats . . . . .  | 30        |
| 3.2.1    | Caractéristiques et représentativité des répondants . . . . .  | 31        |
| 3.2.2    | Connaissance générale du PV par les prosumers et motivations à l'origine de l'investissement . . . . .       | 35        |
| 3.2.3    | Connaissance, opinion et perception de la fin du principe de compensation                                    | 43        |
| 3.2.4    | Adaptation des prosumers face à la fin de la compensation . . . . .  | 45        |
| 3.2.5    | Tests d'hypothèses . . . . .   | 48        |
| 3.2.6    | Critique des résultats et biais . . . . .  | 53        |
| 3.3      | Discussion et conclusion . . . . .   | 55        |
|          | <b>Conclusion</b>  | <b>57</b> |
|          | <b>A Résumé de l'entretien avec Régis Lambert de BRUGEL</b>  | <b>65</b> |
|          | <b>B Régime d'octroi de CV par année</b>   | <b>68</b> |
|          | <b>C Enquête de perception - questionnaire</b>   | <b>69</b> |
|          | <b>D Caractéristiques de la population bruxelloise</b>   | <b>74</b> |
|          | <b>E Etude de la population des répondants</b>   | <b>75</b> |
|          | <b>F Estimation de la validité des réponses portant sur la connaissance des prosumers de leur système PV</b> | <b>77</b> |
|          | <b>G Tests de Mann-Whitney et <math>\chi^2</math></b>  | <b>78</b> |
|          | G.1 Mann-Whitney - Histogrammes . . . . .  | 78        |
|          | G.2 $\chi^2$ - Tableaux de contingence . . . . .   | 80        |

# Table des figures

|      |  |    |
|------|--|----|
| 1    | Part des énergies renouvelables dans les Etats membres de l'UE en pourcentage de la consommation finale brute d'énergie. . . . .                           | 4  |
| 1.1  | Evolution des puissances PV installées en Belgique. . . . .  | 8  |
| 1.2  | Puissance PV totale installée par Région et par type de secteur. . . . .   | 9  |
| 1.3  | Composition du prix de détail de l'électricité à Bruxelles. . . . .  | 10 |
| 2.1  | Flux électriques d'une installation. . . . .   | 21 |
| 2.2  | Schéma des profils de puissance de la production PV sur site et de la consommation d'électricité. . . . .  | 21 |
| 3.1  | Répartition de la population bruxelloise de 15 ans et plus et de la population de répondants selon le plus haut diplôme obtenu. . . . .                    | 33 |
| 3.2  | Représentativité de la population des répondants selon les 19 communes bruxelloises. . . . .   | 34 |
| 3.3  | Répartition de la population de prosumers (installations < 10 kWc) et de la population de répondants selon l'année d'installation des panneaux PV. . . . . | 35 |
| 3.4  | Répartition des répondants selon leur niveau de connaissance auto-estimé de leur système PV. . . . .   | 36 |
| 3.5  | Connaissance auto-estimée par les prosumers des différentes caractéristiques de leur installation PV. . . . .  | 37 |
| 3.6  | Degré de connaissance évalué des 3 paramètres du système PV. . . . .   | 39 |
| 3.7  | Connaissance de la fin de compensation selon les différents niveaux de technicité des répondants. . . . .  | 41 |
| 3.8  | Evaluation du taux d'autoconsommation moyen à Bruxelles. . . . .   | 41 |
| 3.9  | Motivations à l'origine de l'investissement. . . . .   | 42 |
| 3.10 | Connaissance de la fin de compensation. . . . .  | 43 |
| 3.11 | Avis sur la fin de la compensation. . . . .  | 44 |
| 3.12 | Impact de la fin de la compensation sur l'envie d'investir des prosumers. . . . .  | 45 |
| 3.13 | Impact de la fin de la compensation sur l'envie d'investir des prosumers selon leur avis sur la fin de la compensation. . . . .                            | 45 |
| 3.14 | Actions envisagées sachant la fin de la compensation (question ouverte). . . . .   | 46 |
| 3.15 | Actions envisagées sachant la fin de la compensation. . . . .  | 47 |

|      |  |    |
|------|--|----|
| 3.16 | Diagrammes en boîtes représentant les profils des trois sous-échantillons de la variable <i>accord<sub>BRUGEL</sub></i> et ceux de la variable <i>investissement</i> en fonction du niveau de maîtrise du système PV. . . . .                                      | 49 |
| D.1  | Pyramide des âges dans la Région de Bruxelles-Capitale au 1er janvier 2018. . . . .  | 74 |
| F.1  | Corrélation entre la production annuelle et la puissance de l'installation d'une part, et le gain financier associé à l'autoproduction et la puissance de l'installation d'autre part, sur base des réponses fournies par les répondants et d'estimations. . . . . | 77 |
| G.1  | Distribution des échantillons déterminés par les modalités de la variable <i>accord<sub>BRUGEL</sub></i> , selon la variable <i>connaissance<sub>auto</sub></i> . . . . .  | 78 |
| G.2  | Distribution des échantillons déterminés par les modalités de la variable <i>accord<sub>BRUGEL</sub></i> , selon la variable <i>technicité</i> . . . . .   | 79 |
| G.3  | Distribution des échantillons déterminés par les modalités de la variable <i>investissement</i> , selon la variable <i>connaissance<sub>auto</sub></i> . . . . .   | 79 |
| G.4  | Distribution des échantillons déterminés par les modalités de la variable <i>investissement</i> , selon la variable <i>technicité</i> . . . . .  | 80 |

# Liste des tableaux

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 3.1 | Répartition des répondants par tranche d'âge et plus haut niveau de diplôme. . .   | 31 |
| 3.2 | Formules utilisées pour estimer la validité des réponses concernant la connaissance du système PV. . . . .   | 38 |
| 3.3 | Classification des répondants selon leur niveau de technicité. . . . .   | 40 |
| 3.4 | Résultats des tests de Mann-Whitney . . . . .  | 50 |
| 3.5 | Résultats des tests $\chi^2$ portant sur les variables <i>raison<sub>invest</sub></i> et <i>accord<sub>BRUGEL</sub></i> . . .  | 51 |
| 3.6 | Résultats des tests $\chi^2$ portant sur les variables <i>raison<sub>invest</sub></i> et <i>investissement</i> . . .   | 52 |
| 3.7 | Résultats des tests $\chi^2$ croisant les variables <i>changement<sub>habitudes</sub></i> et <i>disposition<sub>changement</sub></i> avec la variable <i>conscience<sub>fincomp</sub></i> . . . . .                          | 53 |
| B.1 | Nombre de CV octroyés en fonction de l'année de certification de l'installation. . .   | 68 |
| E.1 | Analyse de la représentativité de la population de répondants par commune . . .  | 75 |
| E.2 | Analyse de la représentativité de la population de répondants par année d'installation. . . . .  | 76 |
| G.1 | Tableaux de contingence croisant les différentes modalités de <i>raison<sub>invest</sub></i> (lignes) avec la variable <i>accord<sub>BRUGEL</sub></i> (colonnes). . . . .  | 80 |
| G.2 | Tableaux de contingence croisant les différentes modalités de <i>raison<sub>invest</sub></i> (lignes) avec la variable <i>investissement</i> (colonnes). . . . .   | 81 |
| G.3 | Tableaux de contingence croisant les différentes modalités de <i>changement<sub>habitudes</sub></i> et <i>disposition<sub>changement</sub></i> (lignes) avec la variable <i>conscience<sub>fincomp</sub></i> (colonnes). . . | 81 |



# Abréviations

|       |   |
|-------|---|
| AIE   | Agence Internationale de l'Energie                    |
| CREG  | Commission de Régulation de l'Electricité et du Gaz   |
| CV    | Certificat(s) Vert(s)                                 |
| CWaPE | Commission Wallone Pour l'Energie                     |
| EnR   | Energie(s) Renouvelable(s)                            |
| FIT   | Feed-in-tariff  |
| GES   | Gaz à Effet de Serre                                  |
| GRD   | Gestionnaire du Réseau de Distribution                |
| GRT   | Gestionnaire du Réseau de Transport                   |
| MIG6  | Market Implementation Guide 6                         |
| PV    | Photovoltaïque(s)                                     |
| RBC   | Région de Bruxelles-Capitale                          |
| VREG  | Vlaamse Regulator voor de Elektriciteits- en Gasmarkt |
| UE    | Union Européenne                                      |



# Introduction

## Contexte de l'étude

La croissance exponentielle des besoins en énergie de ces deux derniers siècles a amené le secteur énergétique à occuper une place prépondérante dans l'économie mondiale. Cette profonde évolution s'accompagne toutefois de dégradations environnementales considérables, aussi bien en termes de réchauffement climatique que de pollution ou d'épuisement de ressources. Les systèmes énergétiques sont pour cela amenés à évoluer vers davantage de durabilité, en agissant sur la consommation d'énergie, mais également par l'intégration des sources renouvelables. Le concept de transition énergétique est ainsi de plus en plus évoqué à travers le monde, notamment par l'Union Européenne qui vise, à l'horizon 2020, une part d'énergies renouvelables (EnR) dans la consommation finale brute d'énergie de 20%. A plus long terme, soit d'ici 2030, l'Europe a l'objectif de porter cette part à 32% (Parlement européen, 2018). En 2016, elle atteignait un taux de pénétration de 17% (Eurostat, 2016).

Bien que global, le mouvement de transition énergétique progresse aujourd'hui à des rythmes différents selon les pays. Ainsi, au sein de l'UE, chaque Etat membre s'est fixé un objectif contraignant à atteindre d'ici 2020, en fonction de sa situation initiale. L'ensemble des ces objectifs ainsi que les avancées des 28 Etats membres en termes de pénétration des EnR sont illustrés par la figure 1. En 2016, 11 pays avaient déjà atteint voire dépassé leurs objectifs. L'image est tout autre pour l'Irlande, les Pays-Bas, le Royaume-Uni, mais également pour la Belgique, qui figure parmi les plus mauvais élèves de la transition énergétique avec un taux de pénétration de 8,7% en 2016 (son objectif étant fixé à 13% pour 2020) (Eurostat, 2016).

Dans la poursuite de ces objectifs, de nombreux mécanismes de soutien ont été déployés pour encourager des technologies durables, initialement immatures d'un point de vue compétitivité-prix. Les politiques de subventionnement adoptées diffèrent fortement d'un pays à l'autre et en fonction des technologies. En ce qui concerne le photovoltaïque (PV), c'est le marché résidentiel qui a historiquement été particulièrement soutenu par des politiques publiques (De Boeck et al., 2016). À mesure que les coûts de ces technologies se sont réduits et rapprochés de la parité de réseau dans de nombreux pays, les aides publiques ont été réduites. En Belgique, le développement du PV a été essentiellement soutenu par deux instruments : les certificats verts (CV) et le principe

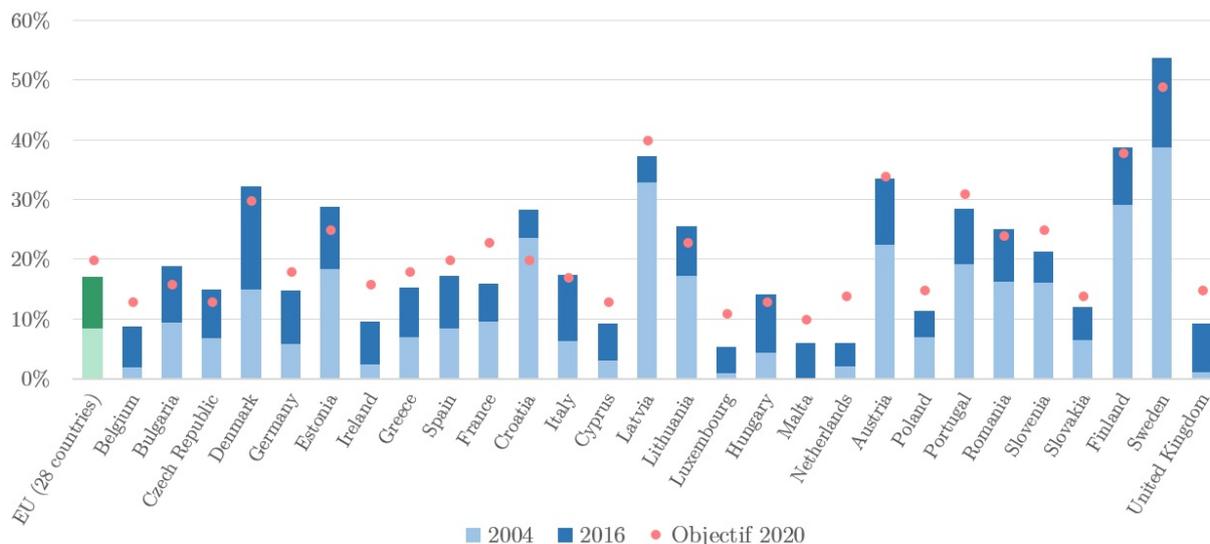


FIGURE 1 – Part des énergies renouvelables dans les Etats membres de l’UE en pourcentage de la consommation finale brute d’énergie. Source : Eurostat (2016)

de compensation. Néanmoins, il y est largement admis que le PV a été trop subventionné dans le passé, ce qui a conduit à une évolution considérable des systèmes de soutien depuis lors.

L’implémentation des EnR se heurte par ailleurs à certaines difficultés, liées principalement au caractère variable et décentralisé de la production d’énergie verte, qui nécessite une nouvelle organisation du réseau. À cet égard, les outils actuels de soutien ne répondent plus aux besoins de la transition énergétique et aux difficultés techniques liées à l’intégration des EnR dans le réseau, et certains mécanismes doivent être repensés, remplacés ou supprimés. En outre, la politique énergétique implique de nombreux acteurs, aux intérêts parfois divergents, ce qui constitue un autre défi important pour cette transition.

Le débat qui anime aujourd’hui les bruxellois autour de la fin de la compensation illustre parfaitement la difficulté de concilier ces intérêts. À Bruxelles, il a été décidé de mettre fin, dans les années à venir, à ce système de facturation favorable aux prosumers<sup>1</sup>. Actuellement, chaque unité de production PV excédentaire injectée sur le réseau public y est en effet valorisée au tarif d’achat de l’électricité, autrement dit, est déduite de la facture d’électricité du prosumer. Un tel système permet donc aux propriétaires d’installations PV de limiter leur contribution aux frais de réseau à hauteur de leurs prélèvements d’énergie nets, ce qui conduit à une certaine discrimination envers les consommateurs "classiques" du réseau.

1. Le terme prosumer (issu de la fusion des mots anglais "producer" et "consumer") désigne un individu qui est à la fois producteur et consommateur d’électricité, typiquement un ménage qui a installé des panneaux photovoltaïques sur son toit.

Le dossier suscite déjà une certaine opposition et a connu plusieurs rebondissements. La date de l'entrée en vigueur de la fin de compensation n'est pas encore connue à l'heure actuelle, mais celle-ci devrait, au regard des dernières discussions entre différents acteurs du marché, avoir lieu dans le courant de l'année 2020 (BRUGEL, 2018a).

C'est sur ce changement réglementaire et sur la manière dont il est perçu par les prosumers bruxellois que porte le présent mémoire.

## Objectifs

D'une part, l'objectif de ce travail est d'étudier le cadre réglementaire bruxellois pour le PV, afin de comprendre le contexte dans lequel s'inscrit la fin de la compensation et les motivations à l'origine de cette dernière.

D'autre part, il s'agit d'étudier la perception du changement par les prosumers bruxellois et d'identifier dans quelle mesure ces derniers sont disposés à changer leurs pratiques de consommation et leurs équipements pour s'adapter à ce nouveau cadre tarifaire et en tirer avantage de manière optimale.

L'intérêt de ce mémoire réside également dans le fait qu'il étudie la compréhension générale du dossier par les prosumers bruxellois, en mettant ce facteur en parallèle avec le taux d'acceptation de la mesure. Il évalue ainsi l'éventuelle nécessité de mener une campagne d'information supplémentaire à destination des prosumers, et permet de mieux cibler les besoins de sensibilisation futurs, s'adressant de ce fait aux sphères politique et réglementaire de l'énergie.

## Méthodologie générale

Le présent travail se divise en 3 chapitres qui correspondent aux différentes étapes de la méthodologie utilisée.

- Le premier chapitre décrit le contexte général du PV, au travers d'une revue de littérature. Dans un premier temps, le développement du PV en Europe, puis en Belgique est étudié. La deuxième partie du chapitre est consacrée au prix de l'électricité à Bruxelles. Finalement, le chapitre se clôture par une section dédiée à la production décentralisée, en ce compris aux mécanismes de soutien visant à encourager cette dernière.
- Le second chapitre se concentre plus particulièrement sur la fin du principe de compensation. Tout d'abord, ce mécanisme de soutien est abordé d'un point de vue critique et les motivations à l'origine de sa suppression à Bruxelles sont présentées. Dans un second temps, les différentes étapes qui ont mené à cette décision et le débat actuel qui anime

la fin de compensation sont exposés. La troisième partie du chapitre porte sur la notion d'autoconsommation, intimement liée au sujet de ce mémoire car impactant la rentabilité financière d'une installation en absence du principe de compensation. Le contenu de ce chapitre repose sur une revue de littérature et sur un entretien réalisé avec BRUGEL, le régulateur bruxellois de l'énergie.

- Le troisième et dernier chapitre est dédié à l'enquête réalisée auprès des prosumers bruxellois. L'objectif de cette enquête est d'analyser la manière dont la fin de compensation est perçue par les prosumers bruxellois, en s'intéressant également à leur connaissance du système électrique et de leur installation. En outre, l'enquête vise à identifier les adaptations comportementales susceptibles d'être induites par un tel changement. Ce chapitre est divisé en deux grandes parties : une première exposant la méthodologie utilisée pour la mise sur pied du questionnaire, en ce compris les questions de recherche et hypothèses testées par l'enquête ; une seconde partie présentant les résultats de l'enquête et l'analyse de ces derniers au moyen de méthodes descriptives et statistiques.

# Chapitre 1

## Contexte général

### 1.1 Développement du photovoltaïque

#### 1.1.1 Niveau international

Les énergies renouvelables (EnR) sont aujourd’hui au coeur des débats sur la transition énergétique. Leur expansion au cours de ces dernières années les a amenées à occuper une place centrale dans les systèmes de production électrique. Alors qu’en termes de capacité installée, les énergies fossiles sont toujours majoritaires dans le mix énergétique, les EnR sont aujourd’hui dominantes en termes de capacité ajoutée par an (International Energy Agency, 2017). En 2017, les EnR ont représenté près de 70% des ajouts nets à la capacité mondiale, avec 178 GW de nouvelles capacités de production mondialement installées (REN21, 2018). À titre de comparaison, le charbon et le gaz ont représenté 28% de ces ajouts, avec respectivement 35 et 38 GW de capacité installée (SolarPower Europe, 2018).

Selon l’Agence Internationale de l’Energie (AIE), le solaire PV représente aujourd’hui le moteur de la transition énergétique (International Energy Agency, 2017). En effet, avec environ 98 GW de nouvelles capacités PV installées en 2017, il représente près de 55% des nouvelles capacités d’EnR installées, soit nettement plus que l’éolien (29% des ajouts de capacités renouvelables) (REN21, 2018). Sur base de ces performances, l’AIE prédit une croissance plus rapide du PV que de toutes les autres sources d’électricité pour les 5 ans à venir.

En Europe, 85% des capacités de production nouvellement installées étaient renouvelables (REN21, 2018). Bien que la croissance du solaire PV y soit plus modérée, il représente aujourd’hui près de 10% de la capacité énergétique totale du continent (Eurostat, 2018). En 2017, 21 des 28 pays membres de l’UE ont installé plus de PV que l’année précédente. Le segment résidentiel contribue à une part non négligeable de ce déploiement ; sur les 9,2 GW de nouvelles capacités PV installées en 2017, près de 26% provenaient du segment résidentiel (SolarPower Europe, 2018). Néanmoins, l’importance de ce dernier varie fortement d’un pays à l’autre, étant donné

les nombreuses politiques de soutien et cadres réglementaires qui s’y appliquent (De Boeck et al., 2016).

### 1.1.2 Description du parc PV belge

Le développement des installations PV en Belgique est directement lié à l’évolution des mécanismes de soutien en vigueur, comme en témoigne la forte croissance du marché entre 2009 et 2012, période de subventionnement PV important. C’est en 2011 que ce développement atteint son pic, avec plus de 1 000 MW installés en une année. Avec la réduction des subventions qui s’en suit, le marché s’effondre : seuls 65 MW sont installés en 2014 (voir Figure 1.1) (APERe, 2018b).

Depuis 2015, le marché se redynamise graduellement, tendance alimentée par les petites installations en Flandre (< 10 kWc), et par de grands systèmes en Wallonie et à Bruxelles.

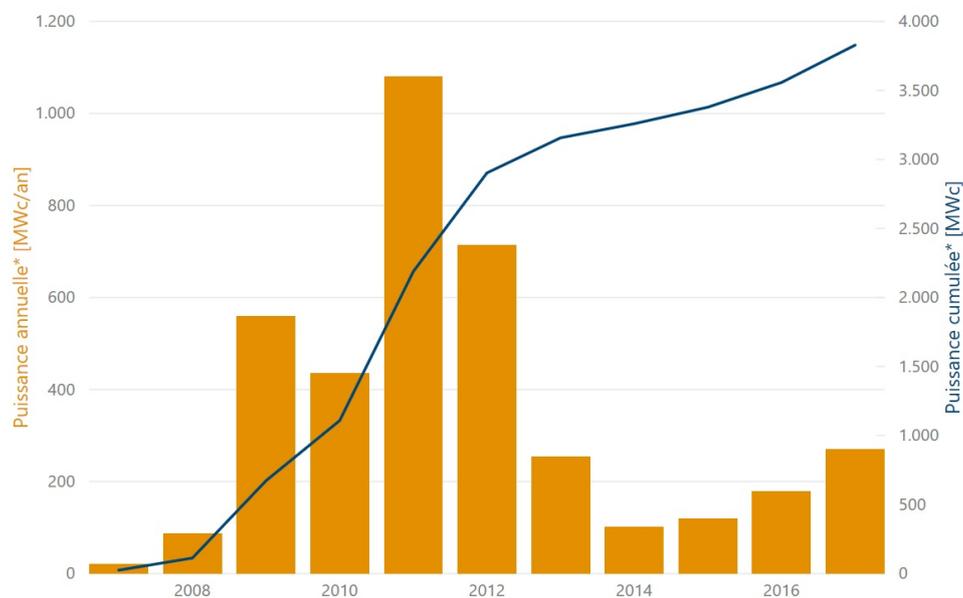


FIGURE 1.1 – Evolution des puissances PV installées en Belgique. Source : APERe (2018b).

Fin 2017, le parc PV belge atteint une puissance installée cumulée de 3 828 MWc, ce qui équivaut à un taux moyen d’installation PV de 337 Wc par habitant (APERe, 2018b). Cette puissance totale installée se répartit entre les trois régions du pays de la manière suivante : 73% pour la Flandre, 25% pour la Wallonie et 2% pour Bruxelles.

Alors qu’au niveau européen, le marché résidentiel ne représente en moyenne que 26% du marché PV (SolarPower Europe, 2018), près de 63% de la capacité PV installée en Belgique provient de petites installations de puissance inférieure à 10 kWc, dites résidentielles. Cela correspond à quelques 451 000 installations (sur les 460 000 installations du pays)(APERe, 2018b). Au niveau

régional, les parcs PV flamand et wallon sont majoritairement représentés par des petites installations, tandis que des grandes installations industrielles contribuent en majoritairement à la puissance installée à Bruxelles (voir figure 1.2).

D'après les statistiques du régulateur bruxellois pour l'énergie, Bruxelles compte, fin 2017, 3 783 installations certifiées (BRUGEL, 2018c). Avec une puissance PV totale de 62 MWc, on y atteint une puissance installée de 52,31 Wc par habitant. En termes de nombre d'installations, c'est toutefois le secteur résidentiel qui domine le parc PV de la capitale. En effet, fin 2015, les petites installations (< 10 kW) y représentaient 92% de l'ensemble des installations. Les installations de capacité inférieure à 5 kWc représentaient alors 82% des installations du parc bruxellois.

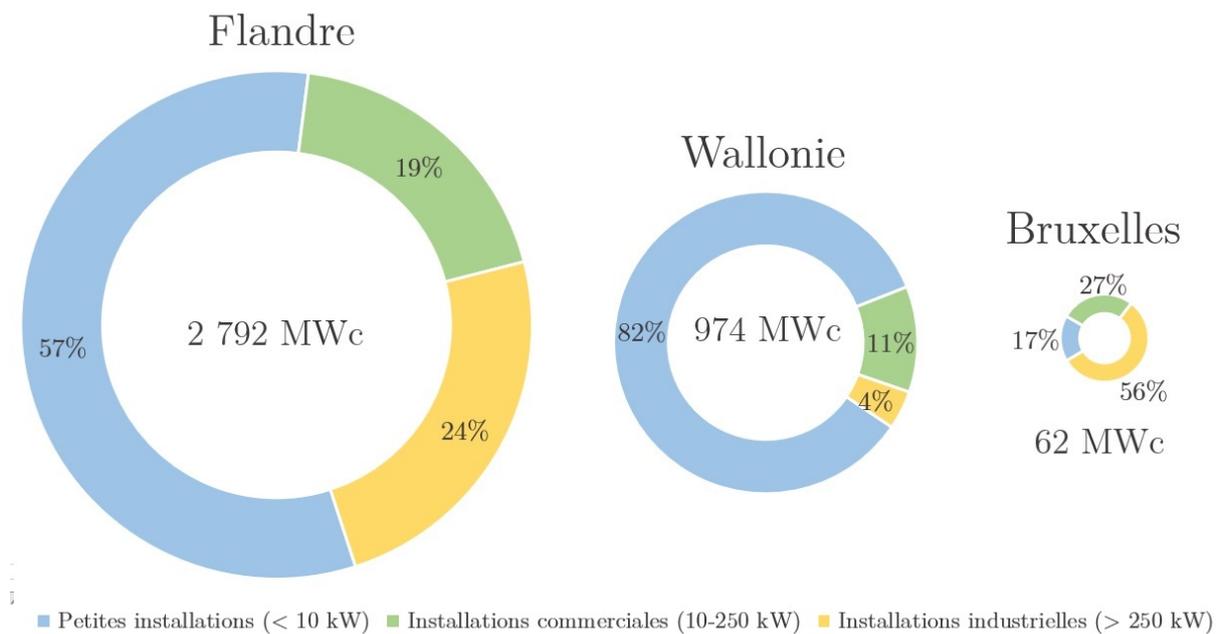


FIGURE 1.2 – Puissance PV totale installée par Région et par type de secteur. Source : APERE (2018b)

Selon des chiffres datant de fin 2015, des 2 708 installations appartenant aux particuliers, 99,6% sont d'une puissance inférieure à 10 kWc. La puissance moyenne installée se situe à 3 kWc pour ce segment de marché (BRUGEL, 2017a).

## 1.2 Prix de détail de l'électricité

En Belgique, le tarif de l'électricité peut être décomposé en 4 grandes composantes : l'énergie, les coûts de réseau, les redevances et la TVA (CREG, 2018).

Le prix de l'électricité "de base", soit la composante "énergie", se situe entre 6 et 8 c€/kWh

et n'inclut que le coût de la production de l'électricité et les frais de fourniture (collecte des sommes dues, émissions de factures, frais de marketing). Il s'agit de la composante qui finance les fournisseurs d'électricité belges et qui est donc ouverte à la concurrence.

Une autre composante importante du tarif de l'électricité est la composante "coûts de réseau" qui comprend le tarif de distribution et le tarif de transport de l'électricité. Le tarif de distribution reflète les frais d'acheminement de l'électricité jusqu'aux installations individuelles, au travers des lignes basse et moyenne tension. Plus précisément, il couvre les opérations d'entretien et de développement de réseau ainsi que les opérations sur les compteurs électriques. Ce tarif est spécifique à chaque gestionnaire de réseau de distribution (GRD) et varie donc selon les Régions. A Bruxelles, c'est Sibelga qui facture les tarifs de distribution à l'ensemble des fournisseurs, qui les répercutent ensuite sur l'ensemble des ménages bruxellois. Le tarif de transport est, quant à lui, appliqué par Elia, gestionnaire du réseau de transport (GRT) de l'ensemble du territoire de la Belgique, et couvre le coût d'entretien des lignes haute-tension ainsi que les pertes techniques associées au transport d'électricité sur de longues distances. Le tarif de distribution est approuvé par BRUGEL tandis que le tarif de transport est approuvé par le régulateur fédéral, la Commission de Régulation de l'Electricité et du Gaz (CREG).

Une série de redevances viennent s'ajouter à ces deux premières composantes. Parmi ces redevances, on retrouve les coûts pour l'électricité verte et la cogénération qui représentent environ 10% du prix final du kWh et sont prélevés afin de soutenir le développement des EnR. Finalement, une TVA de 21% est appliquée sur toutes les composantes, à quelques exceptions près.

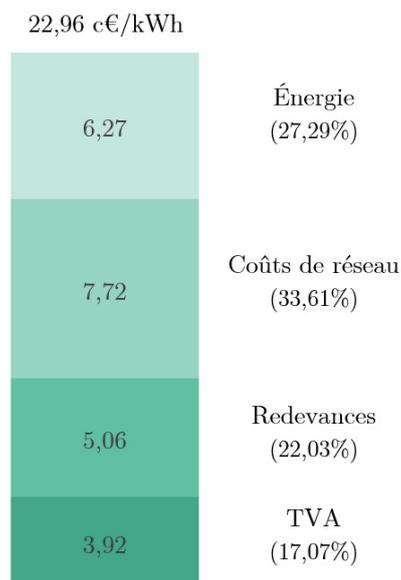


FIGURE 1.3 – Composition du prix de détail de l'électricité à Bruxelles (sur base de CREG (2018) et APERe (2018a)).

La figure 1.3 illustre la répartition des coûts de l'électricité pour un consommateur bruxellois, en fonction de ces 4 composantes.

## 1.3 Production décentralisée

### 1.3.1 Généralités

Les systèmes de production décentralisée désignent toute la production électrique à petite échelle, située à proximité du consommateur final. C'est en cela qu'ils se distinguent de la production centralisée, généralement éloignée des foyers de consommation.

Dans un système centralisé, l'électricité est produite à partir de centrales très puissantes, essentiellement thermiques ou hydroélectriques, connectées à un réseau de transport et de distribution de grande ampleur. En raison d'une insuffisance de solutions de stockage décentralisé technologiquement mûres, les unités de production décentralisées sont également directement reliées au réseau de distribution. Autrement dit, l'énergie produite est directement injectée sur le réseau et doit être instantanément consommée. Les systèmes PV, dont la majorité est de faible taille et de nature résidentielle, constituent un exemple classique de production décentralisée (Barraco, 2014; Brown and Lund, 2013).

Nos systèmes énergétiques ont longtemps été caractérisés par une architecture très centralisée. C'est avec la libéralisation du secteur de l'énergie des années 1990 qu'émerge une production décentralisée, composée de producteurs indépendants, d'entreprises urbaines et de producteurs régionaux. Ces dernières années, une véritable appropriation de l'énergie verte par les citoyens et les collectivités territoriales a lieu.

Malgré certains inconvénients, évoqués dans la section suivante, les avantages potentiels d'une architecture décentralisée sont nombreux. D'une part, les coûts de transport et de distribution sont plus faibles, étant donné le déplacement des sites de production à proximité des consommateurs finaux. Des sites de consommation fortement éloignés du réseau existant peuvent ainsi être alimentés en électricité en minimisant les coûts d'extension ou d'entretien de lignes peu exploitées. D'autre part, la fiabilité du réseau est renforcée grâce à la multiplicité des sources de production. En cas d'incident majeur sur le réseau, le risque que la perte d'une unité de production déstabilise le système est moindre, une certaine autonomie des systèmes locaux étant théoriquement conservée. La capacité nécessaire sur les sites de production primaire est également diminuée. Enfin, la plupart des unités décentralisées étant solaires ou éoliennes, ce type de production contribue à limiter certaines externalités telles que les émissions de  $CO_2$  en valorisant des sources d'EnR.

### 1.3.2 Problèmes de prévisibilité et de fiabilité

L'électricité est une énergie qu'il est difficile de stocker à grande échelle, ce qui implique qu'elle doit être produite à l'instant même où elle est consommée. Pour assurer un approvisionnement continu en électricité, le réseau électrique doit donc être en équilibre permanent, autrement dit, production et consommation doivent être identiques à tout moment. Pour ce faire, une intégration maximale des sites de production est nécessaire, soit une connaissance préalable de l'électricité produite sur ces derniers.

Avec l'augmentation de la part des renouvelables variables dans le mix énergétique, le maintien de l'équilibre offre/demande devient plus difficile. En effet, malgré les prévisions météorologiques, la variabilité et le caractère intermittent des ressources solaire et éolienne rend la production d'électricité renouvelable difficile voire impossible à contrôler, ce qui limite son intégration au réseau. Les unités de production conventionnelles doivent réagir de plus en plus rapidement aux variations de production renouvelable à mesure que leur part dans le mix énergétique augmente, ce qui leur impose des contraintes techniques de plus en plus importantes sur ces unités de production. Pour des taux de pénétration relativement faibles, l'impact de la production intermittente reste limité et peut être pris en charge par le système électrique. Mais plus leur proportion augmente, plus il devient difficile de trouver des solutions pour compenser d'éventuels déséquilibres entre production et consommation (Masa-Bote et al., 2014).

### 1.3.3 Mécanismes de soutien

En raison de leur coût généralement plus important que celui des filières classiques, les EnR bénéficient d'un soutien financier généralement considérable mais qui varie fortement d'un pays à l'autre et au cours du temps. En ce qui concerne le PV, le marché résidentiel a historiquement été particulièrement soutenu par des politiques publiques (De Boeck et al., 2016).

Les politiques de subventionnement du PV de la plupart des marchés mondiaux ont combiné tarifs d'achat garantis ou CV à d'autres mécanismes de soutien tels que des prêts verts, des subventions ou des réductions d'impôts. La Belgique a essentiellement recouru à la combinaison des CV avec le principe de compensation. Le fonctionnement de ces deux méthodes de soutien est présenté dans la suite de cette section.

#### **Certificats verts (CV)**

Sous un système de CV, un certain quota d'électricité "verte" est imposé, selon le cas de figure, à des producteurs, fournisseurs ou consommateurs afin de garantir l'origine renouvelable d'une partie de leur électricité. Par ailleurs, des titres immatériels échangeables (les CV) sont octroyés aux producteurs "verts" pour une certaine quantité d'électricité produite à partir de sources renouvelables. Ces certificats sont ensuite achetés par les acteurs soumis aux quotas (Batlle et al.,

2012).

En Belgique, Bruxelles est aujourd'hui la seule Région à avoir maintenu les CV. La législation y contraint les fournisseurs d'électricité à acheter un certain quota de certificats verts, en fonction de leur mix énergétique. Le prix d'achat moyen d'un CV se situait aux alentours de 89€ fin 2017 (BRUGEL, 2018d) et le gestionnaire de réseau Elia garantit un prix d'achat minimum pour ces certificats, fixé à 65€. Tout prosumer a ainsi le choix de revendre ses certificats au gestionnaire de réseau, au prix minimum garanti, ou de chercher lui-même un acheteur sur le marché. La durée d'octroi des CV est toutefois limitée à 10 ans.

### **Principe de compensation**

Afin d'encourager la croissance de la production photovoltaïque décentralisée, de nombreux pays ont mis en place un système permettant une valorisation de la production PV excédentaire, appelé le principe de compensation (ou le net metering en anglais).

Le principe de compensation est un système de facturation qui rémunère les prosumers pour leur production excédentaire nette (c'est-à-dire pour la différence entre leurs production et consommation électriques totales), en valorisant cette production au prix de détail de l'électricité. Les fournisseurs d'électricité ont l'obligation de racheter cette production excédentaire à leurs clients. Bien que différentes sources de production décentralisée puissent être éligibles pour bénéficier d'une telle compensation (Cohen, 2013), ce sont les installations solaires qui sont le plus couramment encouragées par ce mécanisme.

Le principe de compensation fonctionne avec un compteur capable de mesurer des flux d'énergie dans les deux sens : le flux d'énergie prélevé et le flux d'énergie injecté sur le réseau. Il peut s'agir d'un compteur tournant physiquement à l'envers, comme c'est le cas dans les Régions wallonne et flamande ou d'un compteur bidirectionnel, mesurant séparément les consommations et injections de courant.

### **Principe de compensation à Bruxelles**

En Belgique, le principe de compensation s'applique aux installations dont la puissance de l'onduleur est égale ou inférieure à 5 kWc à Bruxelles. Selon l'article 34 de l'arrêté du 17 décembre 2015 relatif à la promotion de l'électricité verte :

"un client final chez qui une installation de production d'électricité verte d'une puissance électrique inférieure ou égale à 5 kW est installée, pour autant qu'un compteur bi-directionnel soit placé, bénéficie de la compensation entre les quantités d'électricité prélevées sur le réseau de distribution et les quantités injectées sur ce réseau au point de fourniture [...]. Cette compensation se calcule, par registre de compteur, entre

deux relevés d'index, et s'applique à la quantité d'électricité injectée au maximum à hauteur de la quantité prélevée sur ce réseau." (Moniteur Belge, 2016)

Il convient de préciser que cette compensation n'était, à l'origine, pas légiférée ; son implémentation s'est faite par la pratique et ce n'est que depuis mi-2011 que le principe fait l'objet d'une loi spécifique.

Néanmoins, ce mécanisme de soutien est voué à disparaître à Bruxelles. En effet, la fin de la compensation a déjà été annoncée, une première fois en 2014 sur la partie "coûts de réseau" et une seconde fois en 2015 pour la composante "énergie" de la facture. Son entrée en vigueur est actuellement prévue pour mi-2020.

## 1.4 Conclusion

Depuis quelques années, les EnR sont en forte expansion à travers le monde. Pour soutenir cette expansion et faire des technologies renouvelables des alternatives possibles aux sources traditionnelles d'énergie, de nombreux systèmes de soutien ont été déployés. En ce qui concerne la technologie PV, le marché résidentiel a bénéficié d'un soutien particulièrement important.

Toutefois, avec une diminution des coûts de production, le solaire PV devient de plus en plus compétitif et les besoins de soutien diminuent. Par ailleurs, une certaine inadéquation entre les mécanismes de soutien mis en place et les réalités du système électrique apparaît, et il devient aujourd'hui nécessaire d'adapter ces mécanismes.

Le segment résidentiel est particulièrement important en Belgique, où la puissance PV installée atteint les 344 Wc par habitant. La production PV y a essentiellement été soutenue par les CV et le principe de compensation. Bruxelles est aujourd'hui la seule des trois Régions à avoir maintenu le système des CV. La fin de la compensation y a par contre été annoncée, mais ce système de soutien sera encore appliqué jusqu'en 2020. À ce propos, comme souligné dans ce premier chapitre, la compensation a au départ été implémentée par la pratique et ce n'est que depuis 2011 qu'elle fait l'objet d'une loi spécifique. Il est intéressant que cet aspect est au centre du débat qui anime la fin de compensation aujourd'hui. Il en sera d'ailleurs question dans les chapitres 2 et 3 de ce travail.

## Chapitre 2

# Vers la fin de la compensation

L'objectif du présent chapitre est de donner aux lecteurs une vision complète de la fin de la compensation. D'une part, il s'agit de comprendre les raisons qui ont poussé la Région bruxelloise à mettre fin à ce mécanisme de soutien. D'autre part, la façon dont ce changement va être mis en oeuvre et ses modalités sont exposées. Le débat sur la fin de la compensation y est également présenté. Finalement, une notion étroitement liée à la rentabilité financière d'une installation en absence de compensation est abordée : celle de l'autoconsommation.

Les informations qui figurent dans ce chapitre ont été essentiellement recueillies dans la littérature et au cours d'un entretien avec le régulateur bruxellois. L'Annexe A reprend le procès verbal de cette rencontre.

À partir d'une critique du système de compensation, la première section de ce chapitre présente les raisons qui motivent sa suppression à Bruxelles.

La deuxième section retrace l'évolution du dossier à Bruxelles. Le débat qui anime la fin de la compensation y est également brièvement exposé.

Le chapitre se termine par une section portant sur l'autoconsommation PV, dont la maximisation est encouragée par la fin de la compensation.

### 2.1 Critique du principe de compensation

#### 2.1.1 Généralités

Bien qu'il s'agisse d'un système favorable aux prosumers, le principe de compensation ne profite pas de la même manière à tous les acteurs du marché. Plus particulièrement, c'est pour les consommateurs "classiques" du réseau (c'est-à-dire les personnes ne détenant pas d'installations

PV) que le système s'avère moins avantageux.

### Évitement de paiement des coûts fixes

Du point de vue du réseau, une installation PV produit de l'électricité "gratuitement", ce qui représente une économie de coût pour le fournisseur en l'absence de compensation. Cependant, le réseau de distribution de l'électricité a été initialement conçu pour ne transporter l'électricité que dans un seul sens (vers les consommateurs). La part croissante du PV sur le réseau de distribution implique des flux inverses de plus en plus importants, qui nécessitent de nouveaux investissements de la part des GRD. Ainsi, bien que les prosumers fassent profiter le réseau d'une électricité verte gratuite, ils sont aussi responsables de coûts supplémentaires d'exploitation.(Neff, 2015).

Les prix de détail de l'électricité sont calculés de manière à refléter un ensemble de coûts (voir section ??) : le coût variable de la production d'énergie, les coûts de transport et distribution de l'électricité, ainsi que certains autres coûts fixes. Toutefois, sous un régime de compensation, les prosumers ne paient plus pour leur utilisation réelle du réseau ; en compensant leurs prélèvements du réseau par des injections d'électricité non consommée, ils achètent leur énergie à un prix finalement inférieur au prix de détail. Cette situation peut également être interprétée ainsi : en percevant une compensation, les prosumers sont remboursés pour l'électricité qu'ils injectent sur le réseau à un tarif supérieur à leur contribution réelle. Ce tarif inclut donc une série de services que le prosumer ne fournit pas, tels que le transport et la distribution de l'électricité (Barraco, 2014; Brown and Sappington, 2016).

L'inadéquation du système de facturation traditionnel peut également être mise en avant pour expliquer ce phénomène. Les systèmes électriques ayant au départ été considérés uniquement comme source d'électricité pour les consommateurs (les flux inverses n'ayant pas directement été envisagés), de nombreuses régions du globe ont adopté un système de facturation volumétrique, sur base de l'énergie consommée. Ce type de facturation suffisait alors à couvrir les dépenses des GRD. Néanmoins, avec le développement de la production décentralisée et l'apparition de prosumers, cette méthode de facturation se révèle désormais insuffisante pour le recouvrement des coûts encourus par les GRD ; en présence de compensation, certains utilisateurs du réseau évitent, du moins partiellement, le paiement de ces coûts (Eid et al., 2014).

### Transfert de coût vers les usagers "classiques" du réseau

Dans un tel cas de figure, les gestionnaires du réseau de distribution (GRD) augmentent leurs tarifs afin de compenser les pertes de revenus. En conséquence, les prosumers et les non-prosumers doivent payer plus pour l'utilisation du réseau, mais les prosumers bénéficiant d'une compensation, cette augmentation de frais est principalement supportée par les non-prosumers (Barraco,

2014; Brown and Sappington, 2016; Darghouth et al., 2016). L'assiette de répercussion des coûts des GRD est ainsi réduite et un transfert de coûts s'effectue ainsi vers les utilisateurs "classiques" du réseau. Certains auteurs parlent également de subventions croisées<sup>1</sup> pour les non-prosumers pour illustrer le fait que les non-prosumers subsidient les coûts de réseaux que les prosumers évitent de payer (Eid et al., 2014).

Ce système soulève donc d'importantes questions d'inégalités : en bénéficiant aux prosumers qui ne paient pas pour leur utilisation réelle du réseau, il porte préjudice aux usagers "classiques" du réseau, engendrant des frais plus élevés pour ces derniers.

### **2.1.2 Pourquoi une fin de compensation à Bruxelles ?**

La Région bruxelloise est aujourd'hui la seule région à avoir équipé les installations de production d'électricité verte de compteurs double flux<sup>2</sup>. Cette décision, prise par le GRD en 2007, n'était au départ pas directement liée à l'idée de mettre fin à la compensation, mais permettait au gestionnaire d'avoir une vue sur l'ensemble des flux. C'est grâce à la présence de ce type de compteurs bidirectionnels, permettant de distinguer les flux d'injection (A-) des flux de prélèvement (A+) sur le réseau, qu'il est néanmoins possible de mettre fin au principe de compensation à Bruxelles aujourd'hui. La Flandre et la Wallonie n'étant pas équipées de ce types de compteurs, un tel scénario n'y est pour le moment pas envisageable. Cependant, pour répondre à la volonté de l'UE en la matière, un déploiement progressif de compteurs électriques intelligents est prévu dans les années à venir en Belgique (RTBF, 2018). Des décisions politiques en vue d'une disparition du principe de compensation en Flandre ou en Wallonie ne sont donc pas à exclure dans le futur.

Par ailleurs, comme le souligne BRUGEL au cours de son interview (voir Annexe A), trois raisons principales peuvent être mises en avant pour justifier la décision de mettre fin à la compensation à Bruxelles.

Tout d'abord, des raisons d'équité et de non-discrimination sont évoquées. Les réalités du marché de l'électricité ayant évolué (le PV étant en plein essor), la suppression du principe de compensation vise à mettre prosumers et non-prosumers sur un même pied d'égalité, en faisant contribuer chacun à l'utilisation du réseau en fonction de l'usage qu'il en fait.

Ensuite, cette décision est liée à la volonté d'intégrer le renouvelable dans le marché, intégration fortement encouragée par l'Europe. En supprimant la compensation, les prosumers deviennent actifs sur le marché et doivent vendre eux-mêmes l'électricité qu'ils injectent sur le réseau. Par

---

1. Les subventions croisées (cross subsidies) font référence à la pratique qui consiste à facturer des prix plus élevés à un groupe de consommateurs pour subventionner des prix plus bas pour un autre groupe.

2. Un compteur double flux, ou compteur bidirectionnel, mesure distinctement l'énergie prélevée du réseau et l'énergie injectée sur le réseau

ailleurs, il s'agit d'un levier poussant les prosumers à adopter un comportement vertueux pour le réseau et à maximiser leur autoconsommation<sup>3</sup>.

Finalement, la 3e raison évoquée est d'ordre juridique ; la compensation permet d'échapper au paiement de certains coûts de réseau, comme le tarif de transport de l'électricité. Or, le prélèvement de ces coûts relève des compétences du gouvernement fédéral. Avec la compensation mise en place par la Région bruxelloise, on empiète sur la compétence d'un autre niveau de pouvoir et on prive le gouvernement fédéral d'une partie de ses revenus.

## 2.2 Mise en oeuvre à Bruxelles

### 2.2.1 Vers une fin de compensation

Responsable de la partie tarif de réseau de distribution de l'électricité depuis juillet 2014<sup>4</sup>, BRUGEL adoptait, le 1er septembre 2014, une nouvelle méthodologie tarifaire pour la période 2015-2019. Une suppression à terme du principe de compensation pour les coûts de distribution des installations de puissance inférieure à 5 kVA y était prévue.

"Dans la mesure où ils utilisent le réseau de distribution et que BRUGEL dispose de la compétence exclusive pour fixer les tarifs, dans un souci d'égalité de traitement, les installations de puissances inférieures à 5 kVA ne bénéficieront plus du principe de compensation pour les coûts de distribution à partir de la mise en production du MIG 6, soit vraisemblablement le 1 janvier 2017."(BRUGEL, 2014)

Fin 2015, le gouvernement bruxellois modifiait la réglementation relative à la promotion de l'électricité verte en y insérant de nouvelles dispositions, parmi lesquelles une suppression à terme du principe de compensation sur la partie "commodité"<sup>5</sup>. L'arrêté du 17 décembre 2015 prévoyait que les propriétaires de petites installations PV continueraient à en bénéficier jusqu'à la mise en service de la nouvelle chambre de compensation et du nouveau MIG6<sup>6</sup> ou au plus tard le 1er janvier 2018 (article 41 de l'arrêté)(Moniteur Belge, 2016).

Parallèlement à cette annonce de fin de compensation, le coefficient multiplicateur du nombre de CV octroyés pour le photovoltaïque a été recalculé de manière à garantir un temps de retour sur investissement de 7 ans. Au départ établi sur base d'une compensation totale pour les installations d'une puissance inférieure à 5 kWc, sa valeur est ainsi passée de 1,32 à 1,65 le 1er fé-

---

3. La section 2.3 de ce chapitre est consacrée à ce concept.

4. La compétence en matière de tarifs des réseaux de distribution d'électricité a été transférée du fédéral (CREG) vers les Régions, conformément à la loi spéciale du 6 janvier 2014 relative à la Sixième Réforme de l'Etat. Cette loi est entrée en vigueur le 1er juillet 2014.

5. De l'anglais "commodity", le terme désigne ici le prix de l'électricité "de base", soit sa composante "énergie".

6. Le MIG6 (Market Implementation Guide 6) est un nouveau protocole de marché développé par Atrias, permettant l'échange de données entre le GRD et les fournisseurs

vrier 2016, ce qui équivaut à un taux d'octroi de 3 CV/MWh produit (article 20 du même arrêté).

Depuis lors, le dossier a connu plusieurs rebondissements. Fin décembre 2017, le gouvernement a reporté l'échéance de la suppression, en ce qui concerne la compensation sur la partie "commodité" de la facture, de manière à la faire coïncider avec la mise en œuvre du MIG6 (arrêté du 21 décembre 2017). Le régulateur bruxellois, refusant de s'aligner sur cette échéance, prévoyait la fin de la compensation sur la partie "tarifs de réseau", pour laquelle il est compétent, pour le 1er juillet 2018. Cette suppression en deux temps a cependant été jugée peu rationnelle et coûteuse pour les fournisseurs et le gestionnaire de réseau bruxellois, ce qui a amené BRUGEL à finalement accepter de s'aligner sur l'échéance du gouvernement. Le régulateur explique que la décision a été prise "dans l'intérêt global du marché" et afin d'éviter une répercussion des surcoûts sur les consommateurs (BRUGEL, 2018a).

La date ferme de lancement du MIG6 n'étant toutefois pas encore connue (mi 2020 est actuellement évoqué), BRUGEL annonce qu'il ne manquera pas de revoir sa position si ce dernier prend du retard. Il envisage la mise en place d'une solution intermédiaire qui consisterait à lever l'obligation de rachat des injections par les fournisseurs, principal frein à la mise en œuvre de la fin totale de la compensation.

### **2.2.2 Débat autour de la fin de la compensation à Bruxelles**

La fin de la compensation à Bruxelles est parfois mal perçue et suscite de nombreuses réactions. La décision de BRUGEL de supprimer la compensation a notamment été contestée par l'ASBL Touche pas à mes certificats verts (TPCV), défendant les intérêts des propriétaires de panneaux solaires. Cette dernière a introduit un recours en annulation devant la cour d'appel de Bruxelles en octobre 2014 (BRUGEL, 2018b).

TPCV considère, entre autres, que le principe de compensation est un droit acquis et que sa suppression impacte rétroactivement les prosumers qui ont installé des panneaux PV avant son annonce.

Bien que le recours de TPCV ait été rejeté par la Cour début 2018, la fin de compensation suscite toujours l'indignation d'une part significative des prosumers. Les résultats de l'enquête présentés au chapitre 3 de ce travail confirment cette tendance à l'opposition.

### **2.2.3 Impact financier**

Avec la fin de la compensation, l'électricité injectée sur le réseau pourra tout de même être valorisée, mais à un prix nettement moindre qu'auparavant. En effet, les prosumers pourront revendre leur surplus d'électricité aux fournisseurs au prix de la composante "énergie" de l'électricité.

Si l'on se réfère aux composantes du prix de détail de l'électricité exposées à la section ??, pour un prosumer moyen dont l'installation de 3 kWc a une productivité moyenne de 754 kWh/kWc et dont le taux d'autoconsommation s'élève à 50%, le manque à gagner sera d'environ 190€/an sur la facture d'électricité finale. Bien évidemment, ce manque à gagner sera d'autant plus petit que le taux d'autoconsommation sera grand.

## 2.3 Autoconsommation photovoltaïque

La fin de la compensation ouvre grand la porte à la maximisation de l'autoconsommation PV. En effet, dès sa mise en oeuvre, la rémunération obtenue pour l'électricité injectée sur le réseau sera inférieure au prix de l'électricité prélevée. L'autoconsommation aura dès lors un impact sur la rentabilité financière de l'installation. Les prosumers auront tout intérêt à consommer leur électricité photovoltaïque ou à la stocker en vue d'une utilisation ultérieure, plutôt que de l'injecter sur le réseau pour un faible prix.

L'autoconsommation ne doit toutefois pas être confondue avec l'autoproduction. Maximiser cette dernière permet, en plus de la réalisation d'économies, le renforcement de son autonomie par rapport au réseau.

Cette section aborde en profondeur le concept de l'autoconsommation. Dans un premier temps, l'autoconsommation et l'autoproduction PV sont définies. Les bénéfices potentiels d'une maximisation de l'autoconsommation viennent compléter ces définitions. Dans un second temps, quelques exemples de pratiques visant à optimiser l'autoconsommation sont présentés. Pour terminer, l'attention est portée au secteur résidentiel bruxellois.

### 2.3.1 Définitions

#### Autoconsommation

Comme illustré par la figure 2.1, seule une partie de l'électricité produite par une installation PV est directement consommée sur place, le reste étant injecté sur le réseau. Le taux d'autoconsommation PV mesure la part d'électricité PV instantanément consommée sur place, c'est-à-dire sur le lieu où elle a été produite. Cette part est d'autant plus élevée que la consommation d'un bâtiment est importante au moment de la production. Accroître l'autoconsommation revient donc à consommer davantage soi-même l'énergie produite par son installation.

$$\text{Autoconsommation PV} = \frac{\text{Consommation directe}}{\text{Production PV}} = \frac{\text{Production PV} - \text{Injection}}{\text{Production PV}} \quad (2.1)$$

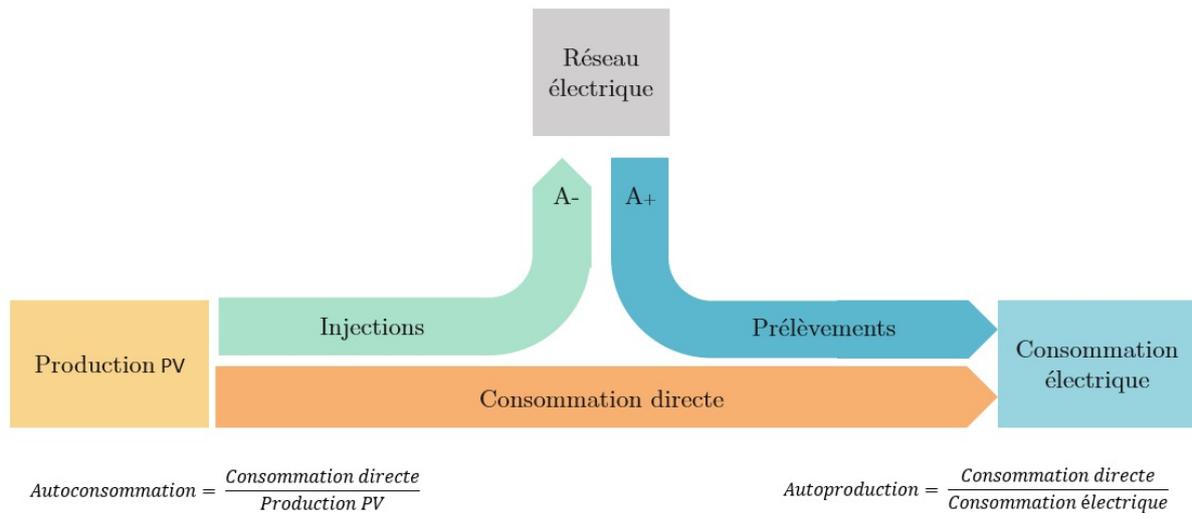


FIGURE 2.1 – Flux électriques d’une installation (sur base de Huart (2017)).

La figure 2.2 illustre les profils de puissance de la production PV et de la consommation d’électricité. Les surfaces A et B correspondent respectivement à la demande totale nette d’électricité et à la production électrique. La surface C représente l’énergie directement utilisée par le bâtiment. Graphiquement, le taux d’autoconsommation se calcule de la manière suivante :

$$Autoconsommation\ PV = \frac{C}{B + C} \quad (2.2)$$

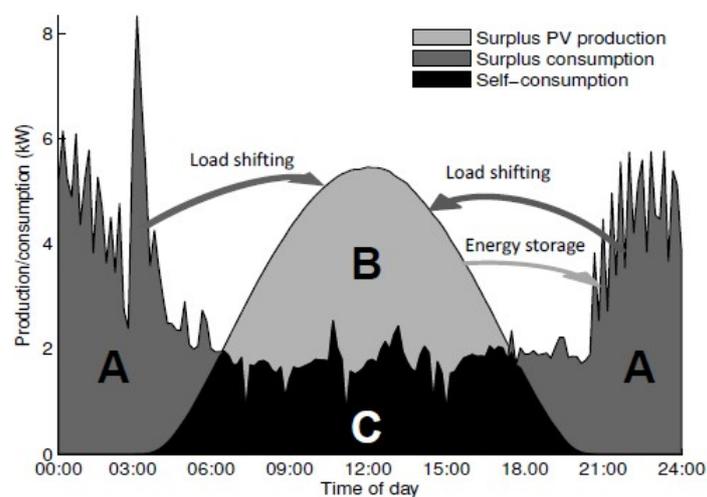


FIGURE 2.2 – Schéma des profils de puissance de la production PV sur site et de la consommation d’électricité. Source : (Luthander et al., 2015).

## Autoproduction

Alors que l'autoconsommation désigne la part de la production PV instantanément consommée sur place, l'autoproduction fait référence à la part de la consommation électrique directement générée sur place. Le concept s'intéresse donc aux besoins électriques d'un ménage et à la couverture de ces besoins par la production PV.

Le taux d'autoproduction correspond au pourcentage de la consommation électrique totale produit par l'installation. Un taux d'autoproduction de 100% signifierait qu'une installation satisfait entièrement la demande en énergie d'un ménage.

$$\text{Autoproduction PV} = \frac{\text{Consommation PV}}{\text{Consommation totale}} \quad (2.3)$$

Graphiquement, ce taux d'autoproduction correspond au rapport de la surface C sur la surface (A+C), soit l'énergie PV consommée sur place par rapport à la demande totale d'électricité.

$$\text{Autoproduction PV} = \frac{C}{A + C} \quad (2.4)$$

Pour résumer, autoconsommer revient à consommer l'énergie que l'on produit et autoproduire revient à produire l'énergie que l'on consomme.

Pour limiter la confusion, seule l'autoconsommation, spécifiquement visée par la fin de la compensation, sera considérée dans la suite de ce chapitre. En pratique, ces deux concepts sont cependant fortement liés, et une augmentation de l'autoconsommation implique souvent une augmentation de l'autoproduction.

### 2.3.2 Bénéfices et risques potentiels

Avec une meilleure intégration des EnR décentralisées au réseau, l'autoconsommation présente des opportunités en termes de réduction des coûts de réseau. En effet, dans un scénario où le taux de pénétration des EnR est élevé, une meilleure synchronisation des profils de consommation et de production des sites de production PV facilite l'équilibrage du réseau électrique, ce qui diminue potentiellement le besoin de son renforcement et les coûts associés.

Par ailleurs, une consommation locale de l'énergie produite entraîne une diminution de la charge supportée par le réseau, ce qui permet également de diminuer les pertes associées au transport de l'électricité (pertes dues à l'effet Joule).

En plus d'être bénéfique pour le réseau, l'autoconsommation est aussi financièrement avantageuse pour les prosumers. En absence de compensation, l'autoconsommation permet d'augmenter la

valeur économique de la production PV. En effet, à partir du moment où le surplus d'électricité PV injecté sur le réseau n'est plus valorisé au prix d'achat de l'électricité, le prosumer a un intérêt financier à recourir davantage à sa production pour recouvrir ses besoins électriques. Que ce soit par un déplacement de charge ou par le stockage, autoconsommer permet la réduction des prélèvements électriques du réseau (au tarif d'achat de l'électricité) et donc la réalisation d'économies.

Cependant, l'autoconsommation présente le risque d'induire un effet rebond néfaste pour les économies d'énergie. Accroître l'autoconsommation peut pousser certains prosumers à consommer à profusion en périodes de production PV, ce qui aurait pour effet une augmentation de leur consommation électrique totale.

### 2.3.3 Optimisation de l'autoconsommation

On estime généralement que le potentiel de l'autoconsommation "naturelle" est limité pour le secteur résidentiel, étant donné la divergence des profils de demande et de production d'électricité. Contrairement aux bâtiments tertiaires où les heures de travail sont alignées à la production PV, la demande en électricité d'un ménage est particulièrement élevée le matin et le soir, lorsque la puissance photovoltaïque est faible (voir Figure 2.2). L'autoconsommation moyenne des bâtiments résidentiels en Europe se situe entre 30% et 37% en l'absence de mise en place d'autres mesures technologiques (Dehler et al., 2015; Quoilin et al., 2016).

Différentes technologies ou pratiques permettant de renforcer cette autoconsommation sont présentées ci-dessous.

#### Déplacement de charge

Lorsqu'un prosumer transfère une partie de sa demande d'électricité vers les heures durant lesquelles son installation produit de l'électricité, un déplacement de charge a lieu. Une telle gestion de la demande contribue non seulement à augmenter le taux d'autoconsommation d'un site, mais permet également de limiter les pics de demande et a donc un effet favorable sur l'ensemble du réseau. Par ailleurs, encourager les consommateurs à modifier leurs habitudes de consommation d'énergie peut conduire à une meilleure prise de conscience de cette consommation et contribuer à la réduire.

La domotique vient aujourd'hui faciliter les déplacements de charge. De nombreux appareils électro-ménagers sont programmables, ce qui permet leur utilisation en journée durant les pics de production photovoltaïque<sup>7</sup>. Par ailleurs, de nombreux autres systèmes "connectés" existent et peuvent être mis en place. Les boîtiers domotiques permettent aux prosumers de suivre leur production PV en direct et de contrôler leur consommation électrique, en commandant à distance

---

7. En Belgique, la campagne *Va vers le soleil* communique les heures d'ensoleillement via le site [Meteorenouvelable.be](http://Meteorenouvelable.be) et dans les bulletins météorologiques de la RTBF.

les appareils par l'intermédiaire de prises électriques intelligentes.

Diverses études (dont les résultats sont repris par Luthander et al. (2015)) ont montré qu'une augmentation du taux d'autoconsommation de l'ordre de 2 à 15% était possible avec un déplacement de charge.

### **Stockage**

Un autre moyen pour optimiser son autoconsommation consiste en l'installation d'un dispositif de stockage d'électricité, afin de conserver l'électricité excédentaire produite en vue de son utilisation future. D'une part, des systèmes de stockage thermique et de conversion d'électricité en chaleur ("power-to-heat") existent. Il s'agit par exemple de boilers électriques ou de pompes à chaleur permettant la conversion des excès de production en chaleur, en vue d'une utilisation ultérieure.

Les batteries domestiques sont, d'autre part, une solution de stockage de plus en plus courante, leurs coûts ayant fortement diminué ces dernières années. Une batterie d'une capacité de 0,5 à 1 kWh par kW de puissance installée (soit une capacité de stockage relativement faible) permettrait d'augmenter l'autoconsommation relative de 13 à 24% par rapport au taux d'autoconsommation initial (Luthander et al., 2015). Il s'agit toutefois d'un investissement considérable : une batterie Tesla Powerwall 14 kWh coûte, par exemple, 6 500 € en Belgique, auxquels il convient d'ajouter des frais auxiliaires et d'installation, ce qui revient à un prix entre 8 000 et 10 000€ (Tesla, 2018). Pour cette raison, un taux d'autoconsommation de l'ordre de 70% est généralement visé en Belgique ; il s'agit de l'optimum économique (Quoilin et al., 2016; Zucker, 2016). En effet, étant donné les variations saisonnières de production PV, dimensionner l'installation de stockage en fonction de la production PV en été n'aurait que très peu de sens. Cela reviendrait à une hausse de coûts importante pour un gain du taux d'autoconsommation faible.

Enfin, le stockage électrique peut également être assuré par la pénétration des véhicules électriques ou hybrides rechargeables.

### **Diminution de la production**

Finalement, l'autoconsommation PV peut théoriquement être optimisée par une diminution de la production PV. Diminuer sa production reviendrait toutefois à sous-dimensionner son installation, généralement calibrée de manière à couvrir la consommation électrique d'un ménage, ce qui n'est l'objectif recherché.

Il convient finalement de noter qu'améliorer l'efficacité énergétique de son logement en s'équipant de dispositifs économiques tels que des ampoules LED ou de l'électroménager A+++ permet une réduction de la consommation électrique totale et donc une augmentation potentielle de l'autopro-

duction. Ces gestes ne permettent cependant pas l'augmentation du taux d'autoconsommation ; ils ont au contraire plutôt tendance à le diminuer.

### **Autoconsommation collective**

Une autre solution permettant d'accroître l'autoconsommation d'un site est celle de l'autoconsommation collective. Alors qu'en Belgique, le principe "une installation, un compteur" s'applique à tout système PV, certains pays comme la France ont élargi leur cadre légal de manière à encourager l'autoconsommation collective.

Le modèle de l'autoconsommation collective consiste à étendre l'accès à l'électricité générée par un site de production décentralisé à des consommateurs qui n'en sont pas propriétaires. En d'autres termes, le modèle permet à un ou plusieurs producteurs et un ou plusieurs consommateurs d'organiser la consommation de l'électricité produite. L'autoconsommation collective permet le surdimensionnement de certaines installations en vue de fournir de l'électricité à d'autres ménages ou bâtiments.

Dans le cas du PV, ce type d'approche permet non seulement une ouverture du marché aux locataires, exclus jusque-là des politiques de déploiement du PV, mais également la mobilisation de nouvelles surfaces sur les toits d'immeubles.

L'Autriche, l'Allemagne et la France ont déjà commencé à appliquer de tels modèles (Courtel, 2017).

#### **2.3.4 Situation à Bruxelles**

Selon une étude réalisée par BRUGEL en 2017 sur base de données de 2014 (BRUGEL, 2017a), le taux d'autoconsommation moyen des installations de capacité inférieure à 5 kWc - soit des installations détenues par des particuliers - s'élève à 53,8% à Bruxelles. Ce chiffre apparaît comme élevé pour le secteur résidentiel, pour lequel un taux moyen de 30% à 37% est généralement considéré en Europe, en l'absence de dispositifs technologiques (Dehler et al., 2015; Quoilin et al., 2016). L'étude ne permet pas d'expliquer cette différence significative, néanmoins, certaines caractéristiques propres au parc PV bruxellois pourraient expliquer, du moins en partie, l'importance de ce taux d'autoconsommation. En effet, il ressort de cette même étude que la puissance moyenne installée pour le secteur des particuliers se situe à 3 kWc et environ 70% des installations ont une puissance inférieure ou égale à 3 kWc. À cela s'ajoute une relativement faible productivité<sup>8</sup> du PV résidentiel, avec une valeur médiane de 754 kWh/kWc (BRUGEL, 2017a). Il en résulte une production assez peu élevée, ce qui permet une autoconsommation plus importante.

---

8. La productivité d'une installation mesure le rapport entre la production annuelle d'une installation et la puissance installée. Elle s'exprime en kWh/kWc.

Ces résultats laissent donc à penser que la fin du principe de compensation pourrait avoir un impact plus faible que prévu sur l'autoconsommation des prosumers à Bruxelles.

## 2.4 Conclusion

Dans le respect d'un principe d'équité, mettre fin à la compensation à Bruxelles semble être une nécessité aujourd'hui. En plus de mettre fin à une discrimination envers les consommateurs "classiques", cette décision est liée à une volonté d'intégrer le renouvelable dans le marché et de faire des prosumers des acteurs vertueux du réseau.

Bruxelles est la seule des trois régions où un tel changement peut s'opérer, grâce à la présence de compteurs bidirectionnels, dont l'ensemble des installations de production d'électricité verte sont équipées depuis 2007. La mise en oeuvre de la fin de la compensation s'avère toutefois plus difficile que prévu, en raison d'une séparation de compétences et activités complexe, propre au système électrique belge. Après plusieurs rebondissements, la date de son entrée en vigueur n'est pas connue à l'heure actuelle.

Contrairement à certaines idées reçues, la fin de la compensation n'impactera pas la rentabilité financière des installations existantes, pour lesquelles le régime d'octroi des CV a été adapté en 2016. Elle devrait en revanche responsabiliser les prosumers, poussés à maximiser leur autoconsommation. Cette maximisation pourra se faire par une série de gestes nécessitant plus ou moins d'investissements, mais semble toutefois limitée par le potentiel de production au niveau résidentiel à Bruxelles.

## Chapitre 3

# Enquête - Perception du système de soutien au photovoltaïque et de la fin de compensation

Depuis l'ouverture du dossier, la suppression du principe de compensation soulève d'importantes oppositions à Bruxelles, comme en témoigne l'introduction d'un recours par l'ASBL Touche pas à mes certificats verts en octobre 2014. La fin de ce principe, associée à une certaine perte financière pour les prosumers, suscite aujourd'hui un vif débat au sein du secteur, dans lequel intérêts collectifs et individuels sont confrontés.

Le présent chapitre vise à analyser la problématique du point de vue des prosumers afin de comprendre leur perception du changement et l'origine d'une éventuelle opposition. Son but est également d'étudier la volonté d'adaptation des prosumers à cette suppression, c'est-à-dire d'évaluer dans quelle mesure la fin de la compensation pourrait représenter une opportunité pour ces derniers.

Une étude a pour ce faire été menée auprès des prosumers bruxellois soumis au principe de compensation, au travers d'une enquête d'opinion. En plus de répondre aux objectifs précédemment énoncés, les résultats de cette enquête apportent des éléments nouveaux sur une thématique très peu documentée dans la littérature jusqu'à présent, notamment en ce qui concerne le profil socio-démographique des prosumers bruxellois.

La première section de ce chapitre décrit la méthode selon laquelle le questionnaire de l'enquête a été construit. Ce dernier a été administré à une population de 2831 personnes. La seconde partie du chapitre présente les résultats de l'enquête ainsi que leur analyse, au moyen d'outils d'inférence statistique.

## 3.1 Méthodologie

### 3.1.1 Objectifs

De manière générale, une enquête vise à étudier des opinions, des perceptions, des croyances ou des comportements en vue de comprendre et d'expliquer des faits. Elle étudie donc la relation que les enquêtés ont avec un objet social (Salès-Wuillemin, 2006; Brown and Lund, 2013; Barraco, 2014). Dans le cadre de ce mémoire, il a été choisi de réaliser une enquête auprès des prosumers afin d'investiguer les 3 aspects suivants :

- (a) *la connaissance et la perception générale du photovoltaïque par les prosumers*  
Quelles sont les connaissances et perceptions des prosumers des notions d'autoconsommation, de compensation et du régime tarifaire de l'électricité ? À quel point maîtrisent-ils les aspects techniques de leur installation ?
- (b) *La perception du changement de régulation par les prosumers et leur avis sur la question*  
Les prosumers sont-ils conscients du changement ? Comment le perçoivent-ils ? Sont-ils inquiets ?
- (c) *les adaptations comportementales que ce changement serait susceptible d'apporter*  
Les prosumers sont-ils prêts à adapter leur comportement sachant la fin du principe de compensation ? Quelles adaptations ce changement va-t-il induire ?

L'enquête est ainsi construite de manière à répondre à ces questions et son intérêt est double. En évaluant la compréhension générale qu'ont les prosumers de la fin du principe de compensation et du contexte de sa mise en oeuvre, elle permet d'identifier un éventuel besoin de sensibilisation ou d'information supplémentaire. Par ailleurs, elle donne un aperçu de la possible évolution des pratiques de consommation et/ou équipements des prosumers sous le scénario de la fin de compensation.

### 3.1.2 Construction du questionnaire

Le questionnaire (dont la version publiée est présentée en Annexe C) a été établi sur base de l'état de l'art, d'une réflexion personnelle et d'interactions avec BRUGEL. Dans la poursuite des objectifs précédemment énoncés, il s'adresse exclusivement aux prosumers bruxellois. Il comprend au total 19 questions et est subdivisé en 3 parties.

La première partie (questions 1 à 9) vise à évaluer la connaissance du système PV et du cadre réglementaire bruxellois. Des questions portant sur les motivations à l'investissement ainsi que sur un éventuel changement d'habitudes de consommation depuis l'installation de panneaux y sont également posées.

La seconde partie du questionnaire (questions 9 à 14) traite directement de la fin du principe de

compensation. Les questions qui y figurent portent à la fois sur la connaissance du principe et de l'actualité, sur l'avis qu'ont les prosumers sur ce changement et sur les comportements qu'ils seraient susceptibles d'adopter en conséquence. Cette partie contient également des passages explicatifs, évoquant notamment les raisons justifiant le changement de réglementation. L'insertion de ces passages a pour vocation de mettre les répondants, initialement plus ou moins informés sur le sujet, sur un même pied d'égalité face à certaines questions qui leur sont posées par la suite.

Finalement, des questions signalétiques sont posées dans la troisième et dernière partie du questionnaire, dans le but de caractériser la population de répondants (questions 15 à 19).

### **Hypothèses testées**

Afin d'établir un fil conducteur pour la construction de l'enquête, une série d'hypothèses ont été énoncées. Ces dernières sont vérifiées dans la suite de ce travail par le biais des données récoltées.

**H1 : Le degré de connaissance du système PV est un facteur qui influence la perception du changement de régulation.** Cette hypothèse est testée de manière indirecte dans le questionnaire ; sur base de l'existence d'un éventuel lien entre, d'une part, les réponses aux questions de la première partie (questions 1 à 7, liées à la connaissance du système PV et du cadre réglementaire) et, d'autre part, les réponses aux questions 13 et 14, "Êtes-vous d'accord avec les raisons [avancées par BRUGEL pour justifier la fin du principe de compensation] invoquées ci-dessus?" et "Auriez-vous investi si vous aviez su que le principe de compensation allait être supprimé?".

**H2 : La perception du changement de régulation dépend des motifs qui ont poussé les prosumers à investir.** Lorsque des considérations environnementales sont, entre autres, à l'origine de l'investissement, le changement est mieux perçu. Cette hypothèse est testée en évaluant le lien qui existe entre les réponses aux questions 8 ("Pour quelle(s) raison(s) principale(s) avez-vous investi dans le photovoltaïque?") et 13 (question portant sur l'accord avec les raisons avancées par BRUGEL).

**H3 : La fin du principe de compensation est un facteur susceptible d'influencer les comportements des prosumers.** Cette hypothèse est testée en évaluant le lien qui existe entre le niveau de conscience du changement, mesuré par la question 10 ("Êtes-vous au courant que la RBC prévoit de mettre fin au principe de compensation") et les adaptations comportementales que les prosumers ont mis ou sont prêts à mettre en place, évaluées par les questions 9 et 11 du questionnaire.

### 3.1.3 Diffusion du questionnaire

Afin d'obtenir des résultats valides, il était important de diffuser le questionnaire auprès d'un public cible le plus représentatif possible de la population de prosumers étudiée, c'est-à-dire les prosumers soumis au régime de compensation (installations PV de maximum 5 kVA).

Dans un premier temps, seuls les canaux de diffusion tels que les réseaux sociaux ont été envisagés. Toutefois, en raison du biais dans la répartition des âges des répondants que ces canaux de communication pouvaient induire, cette option a été assez rapidement écartée. L'idée d'une diffusion par e-mail par une communication "bouche-à-oreille" a également été considérée, mais là encore, des problèmes de représentativité se posaient, ainsi qu'une certaine crainte par rapport à l'insuffisance du nombre de répondants.

Après discussion de l'enquête avec le régulateur bruxellois, une collaboration a pu s'établir avec ce dernier. Une fois l'enquête traduite en néerlandais, BRUGEL a pris en charge la diffusion de cette dernière en utilisant ses propres canaux de communication. Le régulateur n'ayant pas accès aux données relatives à la puissance des onduleurs des installations PV mais bien à la puissance des panneaux, l'hypothèse suivante a été faite : les installations de maximum 6 kWc peuvent être raccordées à un onduleur de 5 kVA, et donc être soumises au régime de compensation. Cette puissance de 6 kWc a donc été retenue comme valeur limite pour délimiter la population-cible de l'étude. L'enquête a ainsi été envoyée par e-mail, en français et en néerlandais, à 2831 prosumers bruxellois dont la puissance de l'installation ne dépasse pas 6 kWc.

## 3.2 Résultats

Les résultats de l'enquête et leur analyse sont exposés dans la suite de ce chapitre. Cette analyse se fait en 5 parties :

- **Caractéristiques et représentativité des répondants** - Après une brève description de l'échantillon des répondants, la représentativité de ce dernier est étudiée ;
- **Connaissance générale du PV par les prosumers et motivations à l'origine de l'investissement** - En plus d'une analyse des réponses aux questions 1 à 8 du questionnaire, une analyse de la validité des réponses concernant la maîtrise du système PV est réalisée.
- **Connaissance, opinion et perception de la fin du principe de compensation**
- **Adaptation des prosumers face à la fin de la compensation**
- **Tests d'hypothèses** - Dans cette dernière partie, des tests statistiques sont réalisés afin de tester les 3 hypothèses énoncées dans la section 3.1.2. Deux types de tests ont été choisis pour cela : le test de Mann-Whitney et le test de  $\chi^2$ .

### 3.2.1 Caractéristiques et représentativité des répondants

#### Description de l'échantillon des répondants

Des 2831 prosumers auxquels le questionnaire a été envoyé, 492 y ont répondu, ce qui correspond donc à un taux de réponse de 17%. 38 questionnaires n'ont toutefois pas été remplis jusqu'au bout et ont donc été exclus de l'analyse. En fin de compte, les réponses de 454 personnes ont été analysées. Le taux de réponses exploitables est donc de 16%.

Le tableau 3.1 donne un aperçu de l'âge et du plus haut niveau de diplôme des répondants.

| Niveau d'étude \ Tranche d'âge | Tranche d'âge |          |           |            |            |            | Tot        |
|--------------------------------|---------------|----------|-----------|------------|------------|------------|------------|
|                                | 18-25         | 26-35    | 36-45     | 46-55      | 56-65      | 65+        |            |
| Secondaire inférieur           | 0             | 0        | 0         | 2          | 8          | 6          | <b>16</b>  |
| Secondaire supérieur           | 0             | 0        | 2         | 4          | 13         | 12         | <b>31</b>  |
| Supérieur type court           | 1             | 1        | 17        | 31         | 23         | 24         | <b>97</b>  |
| Supérieur type long            | 0             | 4        | 49        | 86         | 58         | 56         | <b>253</b> |
| Doctorat                       | 0             | 1        | 9         | 14         | 17         | 16         | <b>57</b>  |
| <b>Total</b>                   | <b>1</b>      | <b>6</b> | <b>77</b> | <b>137</b> | <b>119</b> | <b>114</b> | <b>454</b> |

TABLE 3.1 – Répartition des répondants par tranche d'âge et plus haut niveau de diplôme.

La population des répondants est composée à 13% de femmes et 87% d'hommes. Un seul répondant a moins de 25 ans et seulement 7 personnes au total ont moins de 35 ans. Plus de 81% des répondants ont au moins 46 ans, la tranche d'âge la plus représentée étant celle des 46-55 ans (30% de l'échantillon). Par ailleurs, la plupart des répondants sont titulaires d'un diplôme de l'enseignement supérieur de type long (plus de 55% des répondants).

Chacune des 19 communes bruxelloises est représentée par au moins deux répondants. La commune la plus représentée est Uccle, avec 57 répondants (cf. Tableau E.1).

#### Représentativité de l'échantillon de répondants

Les caractéristiques des prosumers bruxellois ayant fait l'objet de peu de recherches jusqu'à présent, l'évaluation de la représentativité de l'échantillon de répondants à l'enquête n'est pas évidente et doit se faire sur base de certaines simplifications et hypothèses.

Ainsi, la population des répondants est la plupart du temps comparée à la population bruxelloise, pour laquelle les statistiques nécessaires à l'analyse sont disponibles (ces dernières sont reprises dans l'Annexe D). Seuls les critères de la répartition géographique (par commune) et de l'année d'installation des panneaux PV des répondants ont pu être mis en parallèle avec ceux de la population des prosumers bruxellois, sur base des données de BRUGEL (BRUGEL, 2017a).

### Représentativité par sexe

La population bruxelloise étant composée à 51% de femmes et à 49% d'hommes, la population des répondants est en décalage par rapport à celle-ci (pour rappel, 13% de femmes et 87% d'hommes ont répondu à l'enquête). Plusieurs hypothèses peuvent être avancées pour expliquer ce décalage :

- Les hommes sont plus intéressés par les technologies et par les EnR ;
- Les hommes sont plus intéressés par le secteur du bâtiment et se sentent plus concernés par l'installation de systèmes PV sur leur toiture ;
- Les hommes sont plus enclins à réaliser des investissements importants de ce type, notamment dans certains ménages où le modèle familial traditionnel persiste et où l'homme occupe la place de chef de famille. De fait, ils se sentent plus concernés par l'enquête.

Ces hypothèses sortant toutefois du cadre de cette étude, elles ne sont pas testées dans le cadre du présent travail.

### Représentativité par âge

Une autre rupture apparaît si l'on compare la répartition des âges de la population des répondants à celle de la population bruxelloise. En effet, d'après le tableau 3.1, il apparaît que les 46-55 ans sont les plus représentés dans la population de répondants. Viennent ensuite les 56-65 ans et les 65 ans et +. Seul un individu a moins de 25 ans et 7 individus ont moins de 35 ans. Si l'on considère la pyramide des âges de la population bruxelloise (cf. Annexe D), les 25-34 ans sont la tranche d'âge la plus représentée.

Toutefois, il convient de garder à l'esprit qu'à Bruxelles, la population des prosumers diffère certainement fortement de la population dans son ensemble quant à la répartition des âges. Les hypothèses suivantes pourraient être mises en avant pour expliquer ces écarts :

- L'âge moyen de l'acquéreur d'un bien immobilier en Belgique est actuellement de 37 ans tandis que la part des acquéreurs âgés d'une vingtaine d'années ne cesse de diminuer (Trends Tendances, 2018). La sous-représentativité des moins de 35 ans dans l'enquête pourrait donc être expliquée par cet accès plus tardif à la propriété.

- L’installation d’un système PV se fait souvent de manière différée par rapport à l’acquisition du bien immobilier. En effet, il s’agit d’un investissement considérable et généralement non prioritaire lors de l’achat d’une maison. L’âge moyen du prosumer bruxellois devrait donc être considérablement plus élevé que celui d’un acquéreur de bien immobilier.

### Représentativité par diplôme

Les personnes ayant obtenu un diplôme de l’enseignement supérieur (doctorat compris) sont largement surreprésentées dans l’enquête par rapport à la population bruxelloise. En effet, comme le montre la figure 3.1, lorsque l’on compare le niveau d’éducation des deux groupes, deux tendances inverses peuvent être observées :

- Au niveau de la population bruxelloise, 37% sont titulaires (au maximum) d’un diplôme de l’enseignement secondaire inférieur, 27% d’un diplôme de l’enseignement secondaire supérieur et 36% d’un diplôme de l’enseignement supérieur.
- Pour la population des répondants, ces pourcentages valent respectivement 4%, 7% et 90%.

Cependant, il n’est pas déraisonnable de penser que le niveau d’éducation de la population des prosumers est élevé. D’une part, le pouvoir d’achat de la population augmente avec le niveau d’éducation (STATBEL, 2017). D’autre part, on émet l’hypothèse selon laquelle le niveau de sensibilisation et la connaissance de technologies telles que le PV sont d’autant plus importants que la population est éduquée.

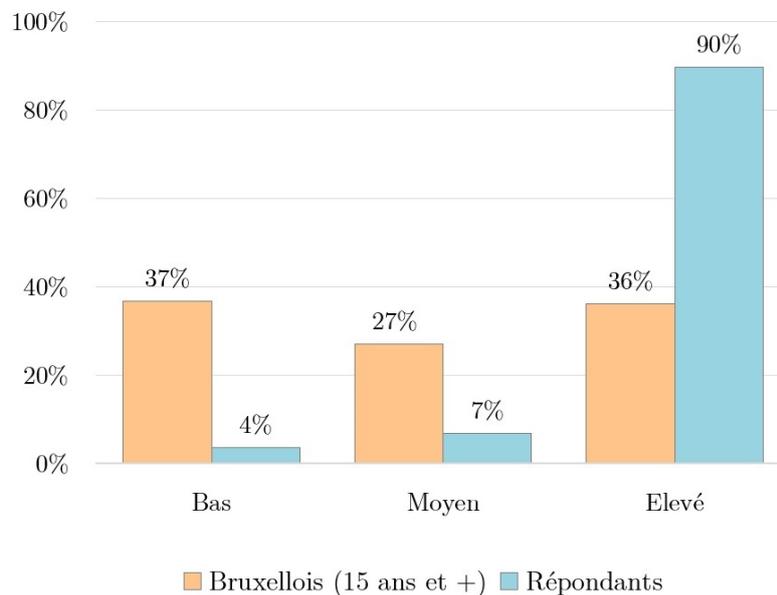


FIGURE 3.1 – Répartition de la population bruxelloise de 15 ans et plus et de la population de répondants selon le plus haut diplôme obtenu. Bas : diplôme de l’enseignement secondaire inférieur. Moyen : diplôme de l’enseignement secondaire supérieur. Élevé : diplôme de l’enseignement supérieur. Source pour la population bruxelloise : IBSA (2017)

## Représentativité par commune

La figure 3.2 illustre la représentativité de la population des répondants par commune sur base des taux de réponse (rapport entre le nombre de répondants et le nombre d'installations privées de puissance < 10 kWc par commune). Le taux de réponse moyen étant de 17,5%, certaines communes apparaissent sur ou sous-représentées dans notre étude. La commune de Koekelberg est ainsi surreprésentée dans l'enquête, ce qui peut s'expliquer par sa taille et le poids élevé de chaque réponse dans la représentativité de la commune. La commune de Woluwe-Saint-Lambert et, dans une moindre mesure, Forest et Watermael-Boitsfort apparaissent également surreprésentées, tandis que les communes de Molenbeek, Ganshoren et Bruxelles sont quelque peu sousreprésentées dans l'échantillon de répondants.

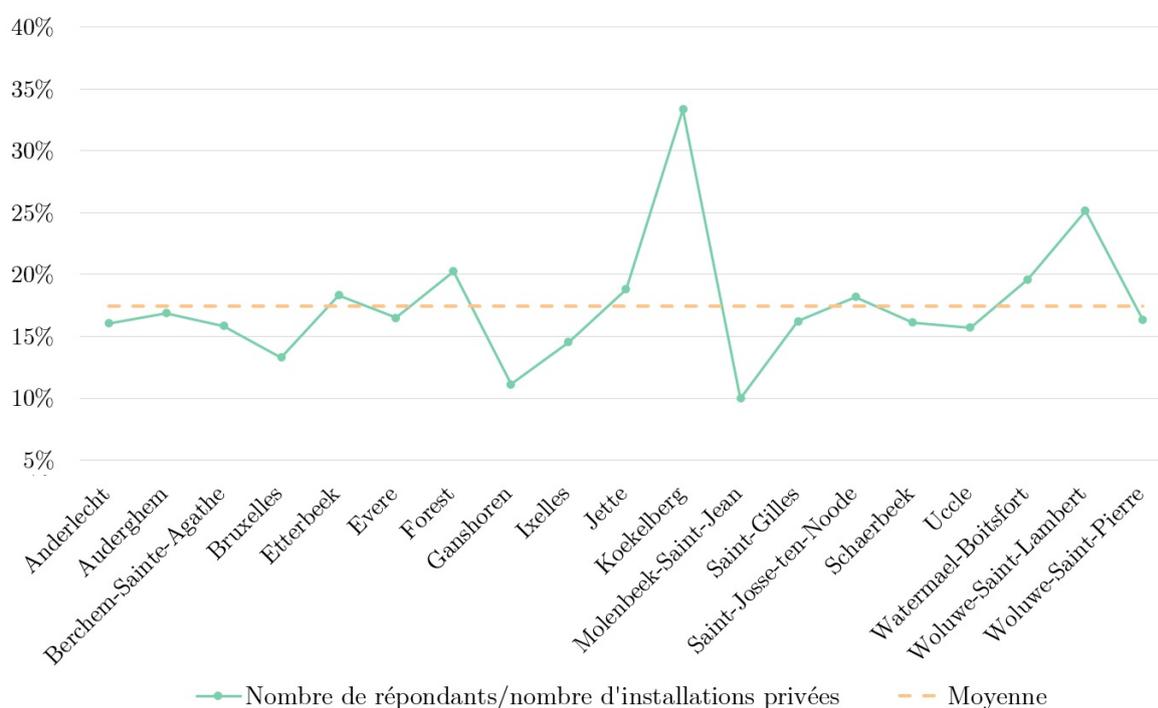


FIGURE 3.2 – Représentativité de la population des répondants selon les 19 communes bruxelloises. Source : tableau E.1.

Par ailleurs, il convient de rappeler que la population de répondants comprend les prosumers qui ont une installation PV de moins de 6 kWc (selon l'hypothèse précédemment énoncée au chapitre 3.1.3). Or, la comparaison se fait ici avec une population de prosumers dont la puissance installée peut aller jusqu'à 10 kWc, en raison d'un manque de données plus précises. Il convient donc d'être particulièrement prudent dans l'interprétation de résultats de cette comparaison (tout comme pour la représentativité par rapport à l'année d'installation).

## Représentativité par année d'installation

Comme le montre la figure 3.3 illustrant la représentativité de l'échantillon par année d'installation, près d'un quart des répondants (110 personnes) ont investi dans le PV en 2009. Cette même année correspond à un pic d'installation à Bruxelles ; sur la période 2006-2015, environ 48% des panneaux PV d'une puissance inférieure à 10 kW ont été installés en 2009. Globalement, la distribution de la population de répondants par rapport à l'année d'installation des panneaux PV suit relativement bien celle de la population de prosumers, avec toutefois une sous-représentation pour l'année 2009.

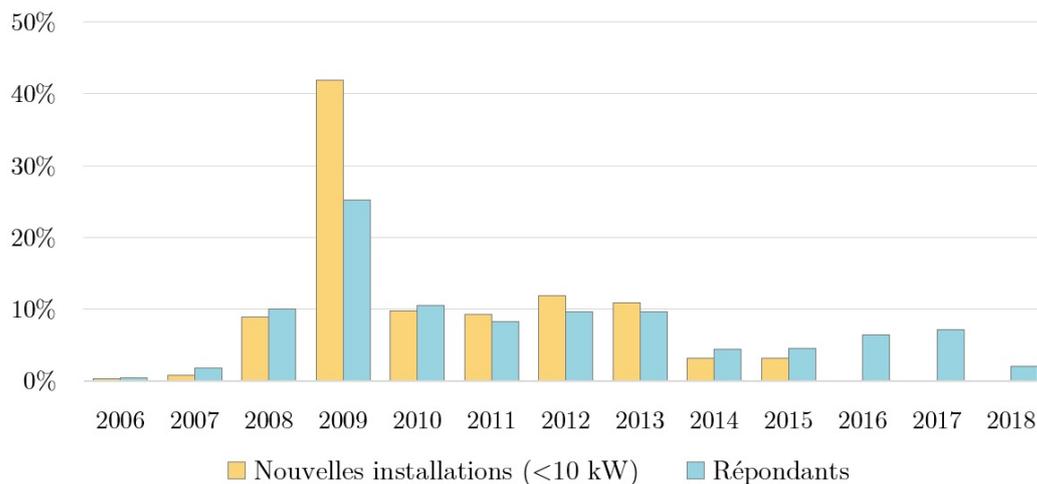


FIGURE 3.3 – Répartition de la population de prosumers (installations < 10 kWc) et de la population de répondants selon l'année d'installation des panneaux PV. Les statistiques s'arrêtent à 2015 pour la population des prosumers. Source : Tableau E.2.

### 3.2.2 Connaissance générale du PV par les prosumers et motivations à l'origine de l'investissement

#### Connaissance technique de l'installation PV

La première partie du questionnaire interroge les répondants sur les caractéristiques générales de leur installation PV. 6 questions leur sont posées à cet égard, relatives aux éléments suivants :

- Puissance des panneaux PV
- Puissance de l'onduleur
- Production électrique annuelle de l'installation
- Facture annuelle d'électricité
- Gain financier lié à l'autoproduction
- Gain financier lié aux CV

Pour chacune de ces questions, le répondant indique sa connaissance ou non de la caractéristique (les questions sont toutes posées sous forme d'un "Connaissez-vous"). En cas de réponse affirmative ("Oui"), il lui est également demandé d'indiquer une valeur précise en réponse à la question.

Sur base du nombre de réponses affirmatives qu'ils ont fourni, les répondants sont regroupés en 6 catégories (voir Figure 3.4). Ainsi, les prosumers estimant connaître les 6 caractéristiques de leur installation (c'est-à-dire ceux qui ont fourni une réponse affirmative à chacune des 6 questions) sont considérés comme ayant une "excellente" connaissance auto-estimée de leur installation. Cette répartition ne tient toutefois pas encore compte de la pertinence des réponses données (une analyse de la validité des réponses est présentée plus loin dans cette section). Les champs ayant été laissés vides ont été considérés comme des "Non", soit une non-connaissance de la caractéristique en question.

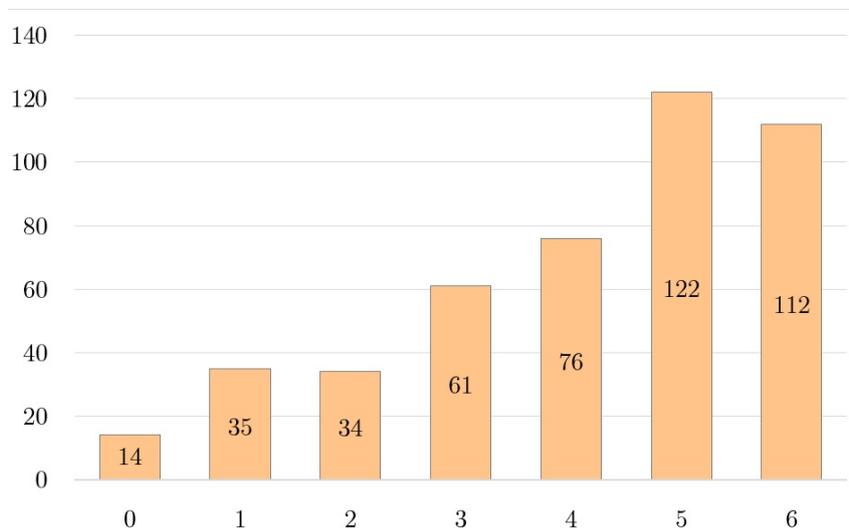


FIGURE 3.4 – Répartition des répondants selon leur niveau de connaissance auto-estimé de leur système PV.

Sur les 454 répondants, 112 répondent de manière affirmative aux 6 questions relatives à la connaissance de leur installation PV, soit près de 25%. 122 (27%) personnes estiment quant à elles connaître 5 caractéristiques sur les 6. 14 prosumers (3%) ne connaissent aucune des 6 caractéristiques demandées.

La figure 3.5 illustre quant à elle la connaissance générale des prosumers de chacune de ces caractéristiques. Il est intéressant de noter que la plupart des prosumers interrogés estiment connaître leur gain associé aux CV octroyés (environ 88% de la population). A l'inverse, peu de répondants connaissent la puissance de leur onduleur (seulement 39%).

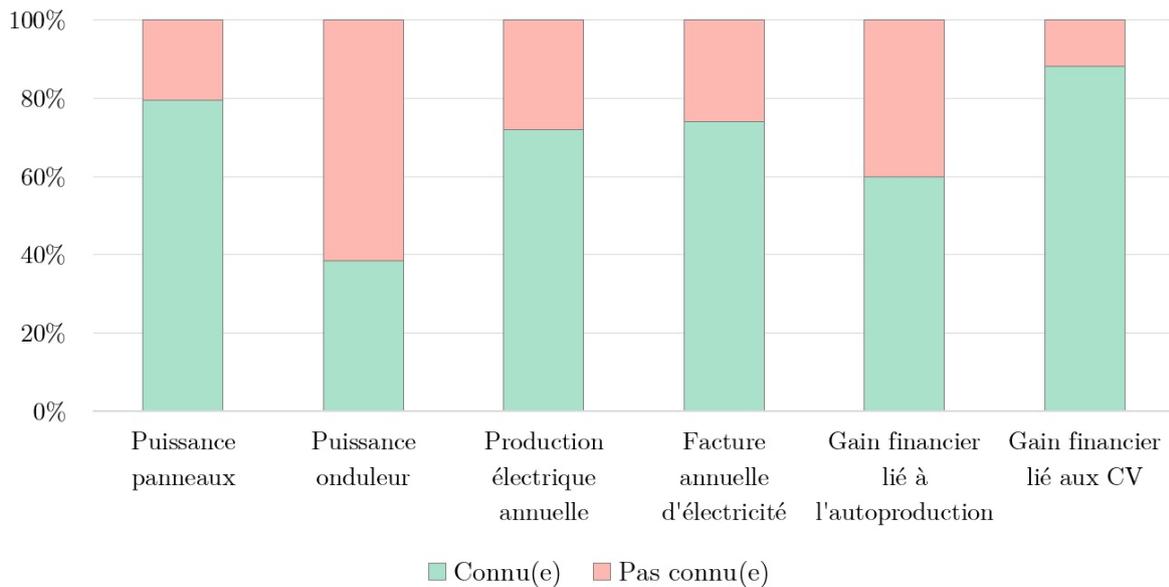


FIGURE 3.5 – Connaissance auto-estimée par les prosumers des différentes caractéristiques de leur installation PV.

### Validité des réponses concernant la connaissance du système PV

La validité des réponses fournies à travers l'enquête n'a pu être directement ni incontestablement vérifiée. Néanmoins, une certaine évaluation de cette validité a pu se faire sur base de la cohérence entre les différentes réponses à ces questions.

Ainsi, à partir de la réponse à la question portant sur la puissance des panneaux PV (a), des estimations de la production électrique annuelle (c), du gain financier lié à l'autoproduction (e) et du gain financier associé aux CV (f) ont pu être faites, moyennant une série d'hypothèses détaillées plus bas. De telles estimations n'ont, en revanche, pas pu être réalisées pour la puissance de l'onduleur (b) ni pour la facture annuelle d'électricité (d) en raison d'un manque de données nécessaires à leur calcul<sup>1</sup>.

Les calculs à partir desquels la validité des différentes réponses a été testée sont présentés ci-dessous. Les estimations ont été faites sur base d'une limite inférieure et d'une limite supérieure, elles renvoient donc à des plages de valeurs. Les réponses fournies par les répondants ont par la suite été triées sur base de leur appartenance ou non à ces intervalles (voir Figure 3.6).

1. Les onduleurs n'étant pas toujours correctement calibrés sur la puissance des modules PV, la validité de la valeur fournie pour ce paramètre n'a pas été testée.

| Variable estimée                   | Formule   | Paramètre(s)  |
|------------------------------------|---|---|
| $Production_{PV}$                  | $Puissance_{PV} \times Productivité_{réf} \times r$   | $0,71 \leq r \leq 1,15$<br>$Productivité_{réf} = 962$ |
| $Gain\ financier_{autoproduction}$ | $Production_{PV} \times Prix_{elec}$                  | $Prix_{elec} = 0,209$                                 |
| $Gain\ financier_{CV}$             | $Production_{PV} \times Nombre_{CV} \times Prix_{CV}$ | $65 \leq Prix_{CV} \leq 100$                          |

TABLE 3.2 – Formules utilisées pour estimer la validité des réponses concernant la connaissance du système PV. La variable  $Nombre_{CV}$  dépend de l'année d'installation du système. Ses valeurs minimum et maximum par année sont présentées à l'Annexe B.

Les hypothèses suivantes ont été faites pour l'estimation des 3 paramètres ((c), (e) et (f)) :

- Selon les données de l'APERe pour l'année 2017, la productivité de référence (soit pour un système PV exposé Sud et incliné à  $35^\circ$ ) était de 962 kWh/kWc à Bruxelles (APERe, 2018c). La productivité d'une installation peut toutefois s'écarter de cette valeur de référence en raison de nombreux facteurs (technologie utilisée, inclinaison et orientation non optimales, présence d'ombrage, etc.). C'est autour de la valeur de 962 kWh/kWc qu'un intervalle a été construit pour estimer la productivité des installations. Les valeurs des deux limites de l'intervalle ont été choisies ainsi :

- La limite supérieure de l'intervalle a été fixée à 115% de la valeur de référence : 10% reflètent la variabilité interannuelle de la ressource solaire, sur base d'une valeur de référence maximale de 1049 kWh/kWc. Cette valeur correspond au maximum enregistré à Bruxelles sur ces 8 dernières années (APERe, 2018c)<sup>2</sup>. Arbitrairement, 5% sont attribués à des différences technologiques.
- La limite inférieure de l'intervalle a été fixée à 71% de la valeur de référence. La productivité la plus faible enregistrée ces 8 dernières années étant de 923 kWh/kWc (année 2010), 4% sont imputables à la variabilité de l'irradiance solaire. Les 25% restants sont attribuables à des différences d'orientation et d'exposition des modules PV ; un système "optimal" (exposition Sud et inclinaison de  $35^\circ$ ) a été pour ce faire comparé à un système moins avantageux localisé exactement au même endroit, soit avec une orientation Ouest et une inclinaison de  $45^\circ$  (rapport de 721/960 selon le Global Solar Atlas (World Bank Group, 2016)).

2. L'hypothèse est faite ici que les prosumers estiment la valeur de leur production annuelle PV sur base d'une période de temps relativement proche, soit sur base de leur production d'il y a 8 ans au maximum.

- Le prix de l'électricité utilisé dans les estimations correspond à la moyenne des prix de l'électricité sur l'année 2017 (moyenne des prix constatés le 1er de chaque mois), soit 20,90c€/kWh (APERe, 2018a).
- Afin d'estimer le gain associé aux CV, le prix minimum garanti de 65€/CV détermine la borne inférieure de l'intervalle tandis qu'un prix de 100€/CV a été retenu pour la borne supérieure. Cette valeur correspond à un des prix de revente les plus élevés observés en 2016 (si l'on ne tient pas compte du faible nombre de CV vendus à plus de 110€/CV (BRUGEL, 2017b)).
- Pour cette même estimation, seule l'année d'installation des systèmes PV est connue (la date précise d'installation n'a pas été exigée par le questionnaire), c'est pourquoi il est souvent impossible de déterminer avec exactitude à quel régime d'octroi des CV un système est soumis<sup>3</sup>. Les bornes des intervalles d'estimation ont ainsi été définies sur base des différents régimes d'octroi associés à une année spécifique (voir Annexe B).

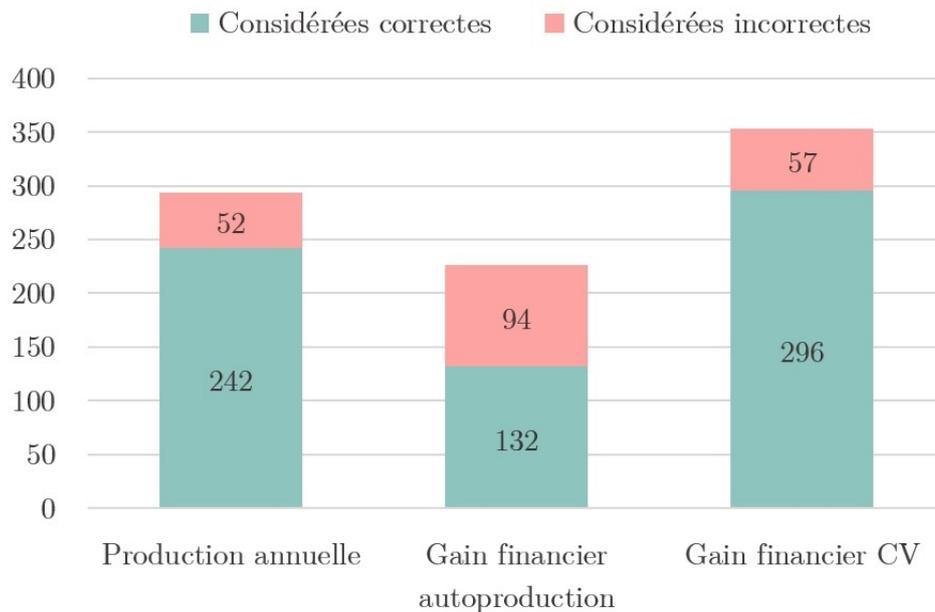


FIGURE 3.6 – Degré de connaissance évalué des 3 paramètres du système PV. Les graphiques présentés en Annexe F détaillent la répartition des valeurs de la production annuelle et du gain financier associé à l'autoproduction, fournies par les répondants ainsi que les intervalles utilisés pour le tri de ces valeurs.

De cette estimation de la validité des réponses, il ressort que le gain financier lié à l'autoproduction est le moins bien maîtrisé par les répondants ; un peu moins de 60% des réponses ont été considérées comme valides pour cette caractéristique. Toutefois, une série de réponses proches

3. Les différents régimes d'octroi de CV ne correspondant pas aux années calendrier

des limites de l'intervalle ont été rejetées dans cette estimation (cf. Annexe F). Deux hypothèses peuvent être avancées pour expliquer cela :

- Plus une installation est surdimensionnée, plus le gain financier associé à l'autoproduction est faible en comparaison avec la puissance de l'installation. Il n'est donc pas à exclure qu'une partie des valeurs fournies sont apparues plus faibles et ont été rejetées en raison d'un tel surdimensionnement.
- L'installation de panneaux PV peut être associée à une réduction de la consommation électrique, que les répondants incluent dans l'impact de leur installation sur la réduction de facture.

Par ailleurs, un niveau de "technicité" a pu être attribué à chaque répondant sur base de cette analyse. Cette attribution s'est faite en fonction du nombre de réponses aux questions 3, 5 et 6 du questionnaire estimées connues et correctes (les réponses des sondés qui n'ont pas complété ces champs sont considérées inconnues soit incorrectes). Le niveau 0 correspond à une mauvaise connaissance des caractéristiques de l'installation PV (réponses aux questions inconnues ou incorrectes) tandis que le niveau 3 correspond à une excellente connaissance des caractéristiques de l'installation. Le tableau 3.3 présente la répartition des répondants selon leur niveau de technicité.

| Niveau de technicité | Nombre de répondants |
|----------------------|----------------------|
| 0                    | 110                  |
| 1                    | 117                  |
| 2                    | 122                  |
| 3                    | 105                  |
| <b>Total</b>         | <b>454</b>           |

TABLE 3.3 – Classification des répondants selon leur niveau de technicité, soit selon le nombre de réponses aux questions 3, 5 et 6 estimées correctes.

En guise de validation de ce paramètre niveau de "technicité", la figure 3.7 illustre le croisement de cette variable avec la connaissance de la fin de compensation. On y constate que les répondants qui ont un niveau de technicité plus élevé ont tendance à être plus au courant de la fin de compensation.

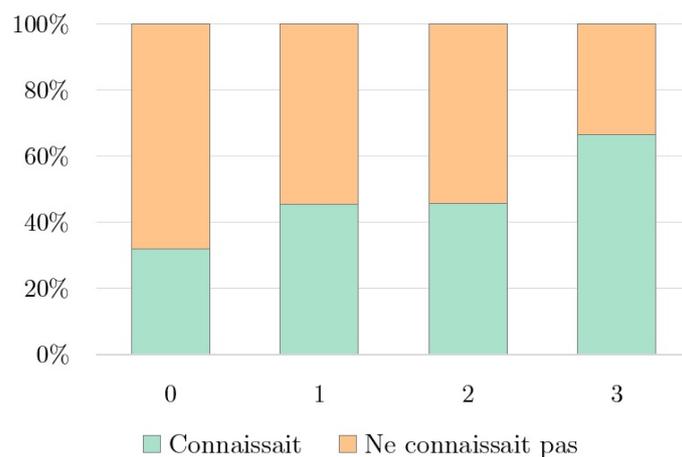


FIGURE 3.7 – Connaissance de la fin de compensation selon les différents niveaux de technicité des répondants.

Les résultats de cette analyse de validité sont repris dans la section 3.2.5.

### Estimation de l'autoconsommation à Bruxelles

Finalement, lorsque les sondés sont interrogés sur le taux d'autoconsommation moyen pour le secteur résidentiel à Bruxelles, plus de 50% d'entre eux "n'en ont pas la moindre idée". Seuls 24 sur les 454 répondants, soit 5%, arrivent à estimer correctement ce taux, tandis que 44% le sous-estiment. Pour rappel, le taux d'autoconsommation moyen s'élève à 53,8% à Bruxelles.

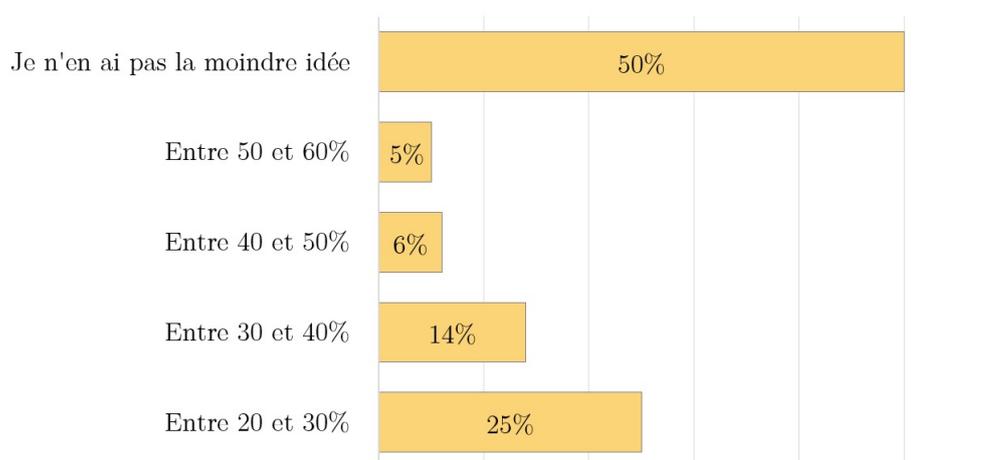


FIGURE 3.8 – Evaluation du taux d'autoconsommation moyen à Bruxelles.

## Motivations à l'origine de l'investissement

Les trois motivations à l'origine de l'investissement le plus souvent évoquées par les répondants sont, dans l'ordre, la volonté de mener une action concrète contre le réchauffement climatique, la réduction de la facture d'électricité et la rentabilité de l'investissement. Respectivement 74%, 69% et 68% des répondants ont voté pour ces propositions, la question permettant la sélection de plusieurs propositions. Vient ensuite la volonté d'apporter de la plus-value à son logement, avec 23% de répondants. Seuls 6% des prosumers enquêtés estiment avoir investi suite à un conseil (voir Figure 3.9).

Aucun classement de ces motivations n'a toutefois été demandé aux répondants. La liste des propositions étant par ailleurs loin d'être exhaustive, les réponses à cette question peuvent présenter un certain biais (voir section 3.2.6).

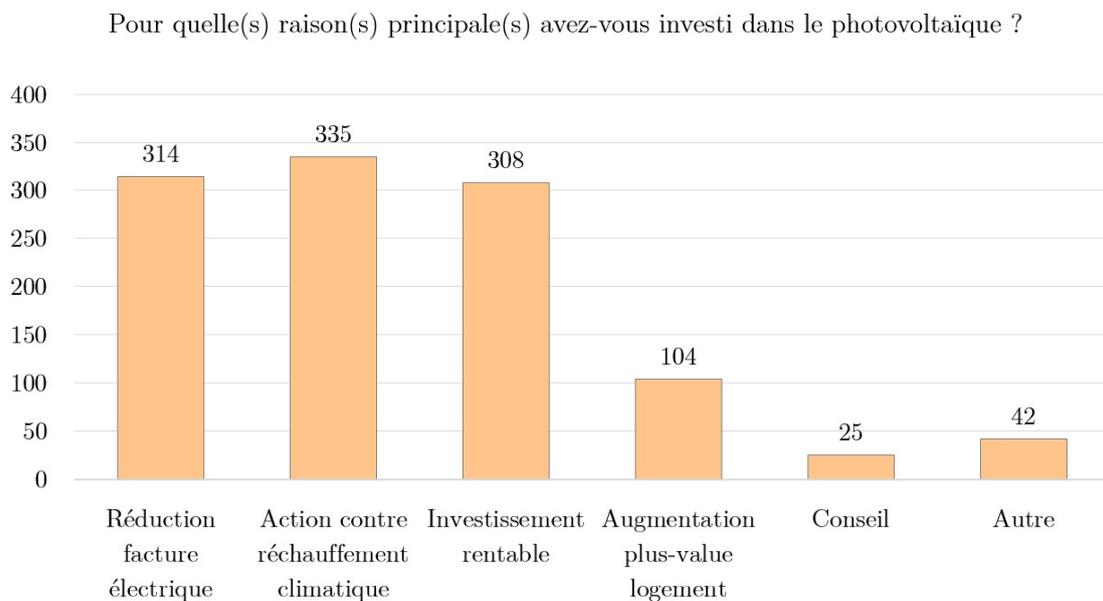


FIGURE 3.9 – Motivations à l'origine de l'investissement.

Les répondants ont également eu la possibilité d'indiquer d'autres motivations à investir que celles énoncées dans la question. Ainsi, les aides financières intéressantes sont le plus souvent évoquées ainsi qu'un désir d'indépendance énergétique et des raisons écologiques/environnementales (malgré l'existence de l'alternative "Action contre réchauffement climatique").

### 3.2.3 Connaissance, opinion et perception de la fin du principe de compensation

#### Connaissance du changement

Avant d'étudier la perception qu'ont les prosumers de la fin de la compensation, l'enquête interroge les répondants sur leur connaissance du changement. La figure 3.10 présente les réponses à cette question. Il est intéressant de noter que plus de la moitié des prosumers interrogés ne sont pas au courant de la suppression du principe. Parmi eux, 21% des répondants ne savent pas ce qu'est le principe de compensation. Les 46% restants évoquent 3 sources d'information principales : la presse, Internet et BRUGEL.

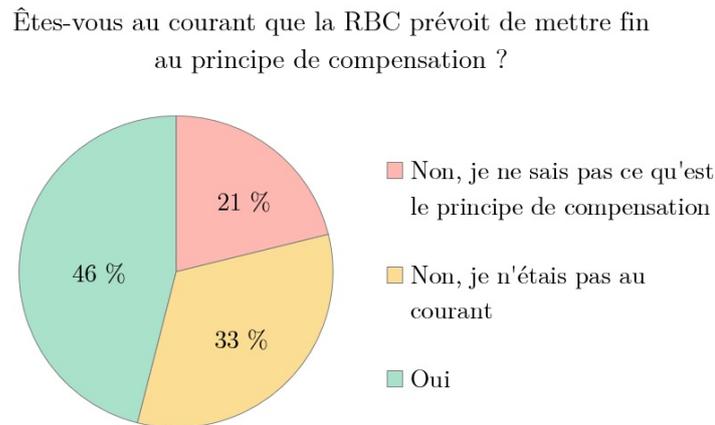


FIGURE 3.10 – Connaissance de la fin de compensation.

#### Opinion et perception du changement

Comme l'illustre la figure 3.13, près de 57% des répondants déclarent ne pas être d'accord avec la fin de la compensation (et avec la justification avancée par BRUGEL concernant la fin de compensation, c'est-à-dire l'idée de faire évoluer le système vers davantage d'équité). Près de 25% des personnes interrogées ont, au contraire, répondu être d'accord. Les 18% restant déclarent ne pas avoir d'avis sur la question.

Les justifications proposées par les répondants "pas d'accord" ont été classées en 6 catégories, à savoir :

- Non-respect des conditions initiales à l'investissement
- Mesure défavorable au déploiement des EnR
- Diminution de la rentabilité de l'investissement
- Participation aux frais de réseau non justifiée
- Refus d'injecter de l'électricité gratuitement

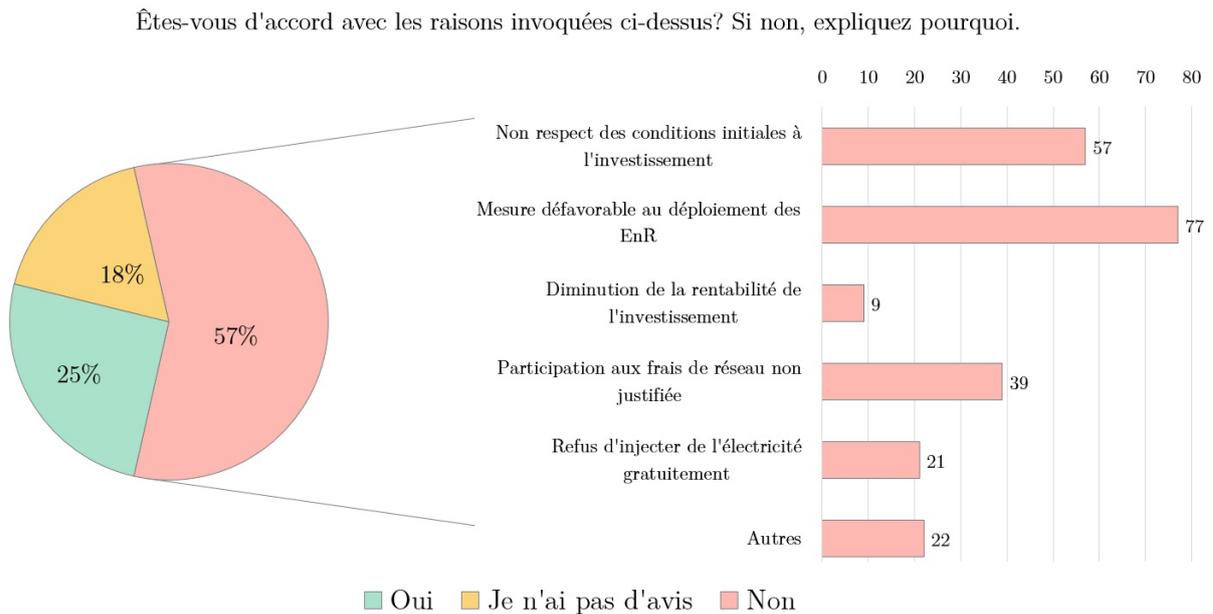


FIGURE 3.11 – Avis sur la fin de la compensation.

Les justifications avançant que la fin de la compensation est une "mesure défavorable au déploiement des EnR" sont les plus fréquentes ; cette raison est évoquée 77 fois. L'opposition au non-respect des conditions initiales à l'investissement ressort également des justifications fournies par les sondés. En effet, 57 réponses ont été identifiées comme appartenant à cette catégorie. Des termes tels qu'un "non respect des accords de base" ou un "changement de règles en cours de route" sont ainsi souvent évoqués.

La perception de la fin de compensation comme une mesure rétroactive semble donc préoccuper un nombre non négligeable de répondants. Par ailleurs, il est finalement intéressant de noter que l'aspect financier de la fin de la compensation ressort d'une grande partie de ces justifications (non-respect de conditions initiales à l'investissement, mesure défavorable au déploiement des EnR, diminution de la rentabilité de l'investissement), malgré que l'adaptation du nombre de CV pour maintenir un retour sur investissement de 7 ans soit préalablement précisée dans le questionnaire.

Lorsque le désaccord par rapport à la fin de compensation est mesuré par son impact sur l'envie des prosumers d'investir ("Auriez-vous investi si vous aviez su que le principe de compensation allait être supprimé"), l'opposition semble s'atténuer et les tendances s'inversent : la majorité des répondants, soit environ 60%, ne regrettent pas leur décision d'investissement (voir graphique 3.12).

Auriez-vous investi si vous aviez su que le principe de compensation allait être supprimé?

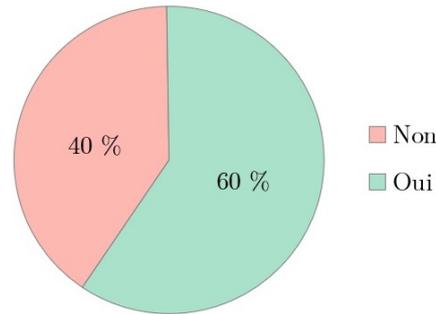


FIGURE 3.12 – Impact de la fin de la compensation sur l’envie d’investir des prosumers.

Parmi les 252 personnes en désaccord avec les raisons invoquées par Brugel, 140 (soit 54%) ont déclaré qu’elles n’auraient pas investi si elles avaient su que le principe de compensation allait être supprimé. Il en est de même pour environ 31% des "Pas avis" et 15% des "D’accord". La figure 3.13 illustre ces tendances.

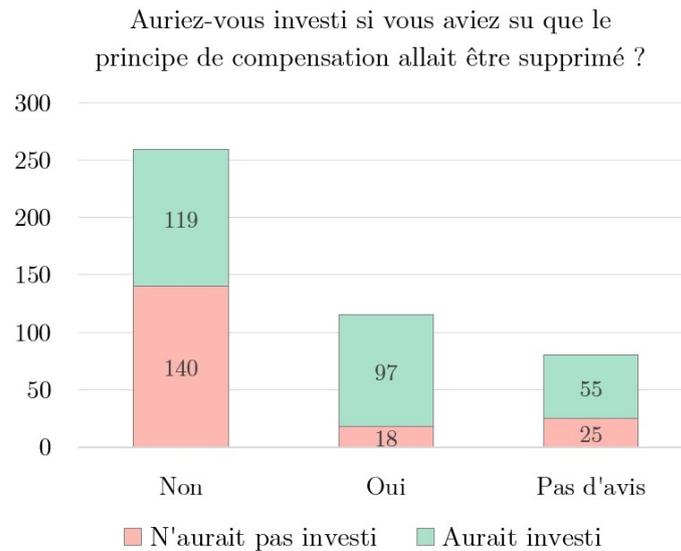


FIGURE 3.13 – Impact de la fin de la compensation sur l’envie d’investir des prosumers, selon le fait qu’ils soient d’accord, pas d’accord ou qu’ils n’aient pas d’avis sur la fin de la compensation (plus précisément, sur les raisons invoquées par BRUGEL).

### 3.2.4 Adaptation des prosumers face à la fin de la compensation

Avant que des actions concrètes destinées à augmenter l’autoconsommation ne leurs soient proposées, les répondants ont eu la possibilité de mentionner les changements d’habitudes de consommation ou d’équipement électrique qu’ils envisagent eux-mêmes (cf. question 11 du questionnaire

présenté à l'Annexe C). 39% des répondants ont énoncé des propositions à cette question.

Parmi ces propositions, c'est le système de stockage sous forme de batterie qui est le plus souvent énoncé par la population des répondants (voir Figure 3.14). 49 personnes, soit 11% des répondants envisagent un tel équipement moyennant toutefois, dans certains des cas, une baisse de prix ou une hausse de la fiabilité de la technologie : 11 répondants mentionnent l'installation d'une batterie domestique si le prix de la technologie diminue/si sa rentabilité augmente et 2 personnes évoquent une augmentation de la fiabilité de la technologie.

Par ailleurs, le déplacement des consommations électriques vers les heures d'ensoleillement est également cité à maintes reprises, par 40 répondants. Améliorer l'efficacité énergétique des ses équipements constitue la 3e proposition la plus souvent évoquée.

Dans la majorité des cas, ces actions spontanément envisagées répondent donc assez bien à l'objectif d'une maximisation de l'autoconsommation.

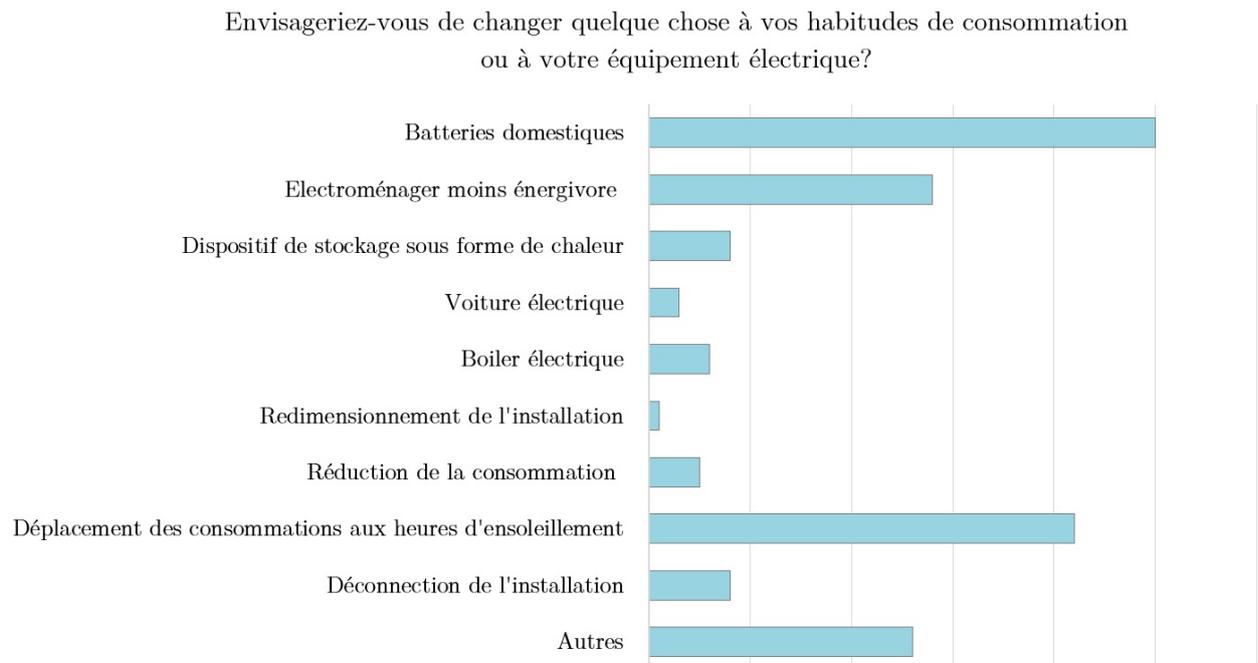


FIGURE 3.14 – Actions envisagées sachant la fin de la compensation (question ouverte).

Il est également intéressant de noter les deux éléments suivants :

- 7 personnes se disent prêtes à déconnecter leur installation du réseau, voire "démanteler" leur installation PV lors de l'entrée en vigueur de la fin de la compensation ;
- 4 répondants disent envisager des changements, mais ne pas savoir ce qu'ils pourraient mettre en place ou changer (et 3 répondants ont coché "Oui" mais ont laissé le champ vide).

Lorsque des actions concrètes sont proposées aux répondants (cf. question 12 du questionnaire à l'Annexe C), c'est la programmation des appareils électriques, la modification d'habitudes de consommation et l'amélioration de l'efficacité énergétique des équipements qui semblent être le plus souvent envisagées. Près de la moitié des répondants avance avoir déjà amélioré l'efficacité énergétique de certains équipements électriques (ampoules, électroménager). Des 54% de répondants qui ne l'ont pas encore fait, 69% s'estiment prêts/peut-être prêts à le faire. Concernant la programmation des appareils électriques, alors que 34% des répondants le font déjà, 53% n'excluent pas la possibilité de le faire (le feront certainement ou peut-être).

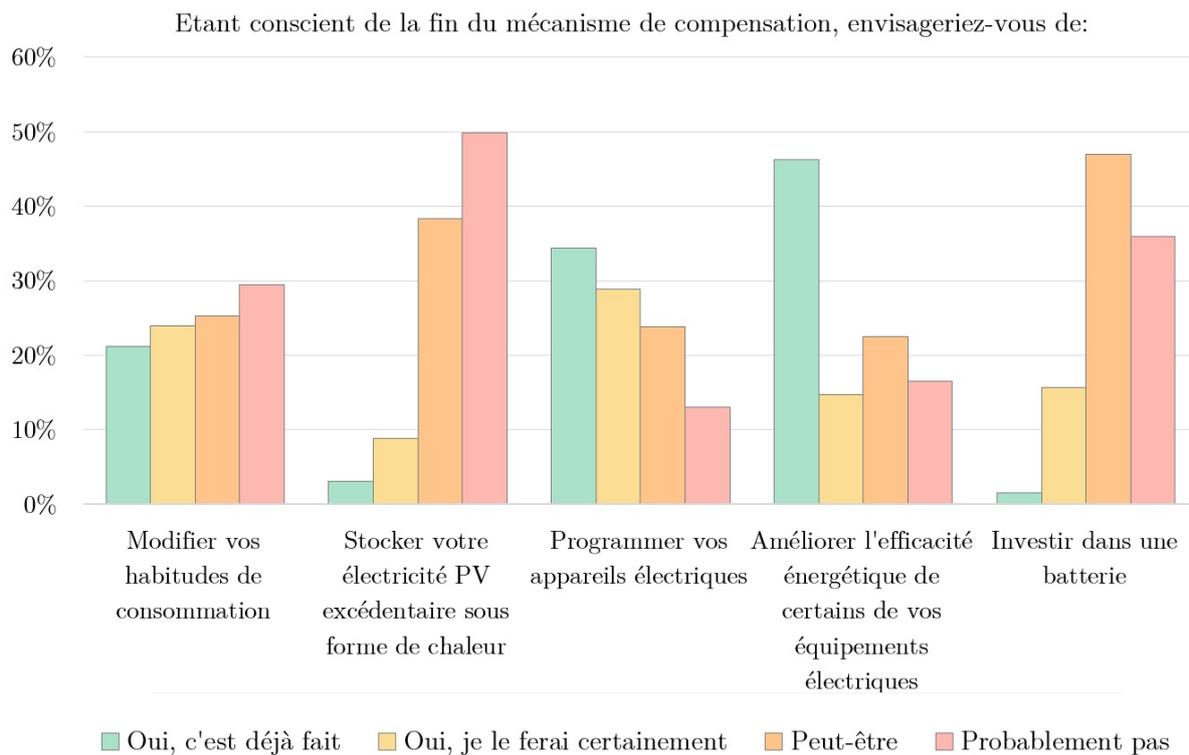


FIGURE 3.15 – Actions envisagées sachant la fin de la compensation.

Pour le stockage de l'électricité excédentaire sous forme de chaleur ou l'investissement dans une batterie, on observe des tendances plutôt opposées ; seuls 3% de la population de répondants ont recours à des formes de stockage thermique domestique et faible est le pourcentage de personnes qui envisagent ce type de pratique (9% de "certainement" et 38% de "peut-être"). Le stockage de l'électricité à l'aide de batteries domestiques semble intéresser une part un peu plus importante de répondants, bien qu'il s'agisse d'une pratique tout aussi rare (2% ont déjà installé une batterie dans leur habitation).

### 3.2.5 Tests d'hypothèses

Afin d'évaluer le lien de dépendance entre certaines variables et d'étudier les hypothèses énoncées à la section 3.1.2, différents tests statistiques ont été réalisés, selon la nature des variables aléatoires considérées :

- Afin de tester la liaison entre variables numérique (quantitative) et catégorielle (qualitative), c'est le test de Mann-Whitney qui a été retenu. Il s'agit d'un test non paramétrique, n'imposant pas la forme de la distribution de la loi de probabilité de la variable d'étude (pouvant donc être utilisé lorsque celle-ci ne suit pas une loi normale). Le principe du test est le suivant : des échantillons de mesures issus de populations correspondant aux différents groupes déterminés par les modalités de la variable sont comparés pour déterminer si les populations sont différentes ou non (Decaestecker, 2011).
- Pour vérifier l'existence d'un lien statistique entre des variables qualitatives, c'est le test  $\chi^2$  qui a été choisi. Ce dernier permet de déterminer si les fréquences d'observation des catégories d'une variable (variable dépendante) dépendent des catégories de l'autre variable (variable indépendante).

Deux niveaux de confiance ont été retenus pour ces tests : 95% et 99% ( $\alpha$  égal à respectivement 5% et 1%). L'hypothèse nulle est rejetée lorsque la p-value est inférieure à la probabilité  $\alpha$ , soit lorsque la probabilité de rejeter l'hypothèse nulle alors qu'elle est vraie est inférieure à  $\alpha$ . On parle alors de test "statistiquement significatif".

#### Lien entre niveau de maîtrise du système PV et perception de la fin de compensation

Pour évaluer le lien entre le niveau de maîtrise du système PV et la perception de la fin de la compensation par les prosumers bruxellois, les variables suivantes ont été définies :

- La variable numérique discrète *connaissance<sub>auto</sub>* correspondant aux 7 niveaux de connaissance auto-estimée déterminés dans la sous-section 3.2.2 ;
- La variable numérique discrète *technicité* correspondant aux 4 "niveaux de technicité" déterminés dans la sous-section 3.2.2 ;
- La variable catégorielle *accord<sub>BRUGEL</sub>* correspondant aux réponses fournies à la question "Êtes-vous d'accord avec les raisons [justifiant la décision de mettre fin à la compensation] invoquées ci-dessus?". Ses modalités sont "Oui", "Non" et "Je n'ai pas d'avis" ;
- La variable catégorielle *investissement* correspondant aux réponses fournies à la question "Auriez-vous investi si vous aviez su que le principe de compensation allait être supprimé?". Ses modalités sont "Oui" et "Non".

Dans un premier temps, les distributions des niveaux de *connaissance<sub>auto</sub>* et de *technicité* des différentes sous-populations déterminées par les modalités des variables *accord<sub>BRUGEL</sub>* et *investissement* ont été comparées. Comme le montre le graphique 3.16, ces sous-populations

apparaissent fortement similaires. En effet, dans la plupart des cas, les niveaux moyens de  $connaissance_{auto}$  et de  $technicité$  ne présentent pas de différences significatives pour les sous-échantillons "Oui" et "Non". Des différences notables peuvent toutefois être observées pour la sous-population "Pas d'avis" et ce, pour les deux niveaux précédemment énoncés. Pour cette raison, les sous-échantillons "Oui" et "Non" sont regroupés en un sous-échantillon "Avis" lorsqu'ils sont comparés au sous-échantillon "Pas d'avis".

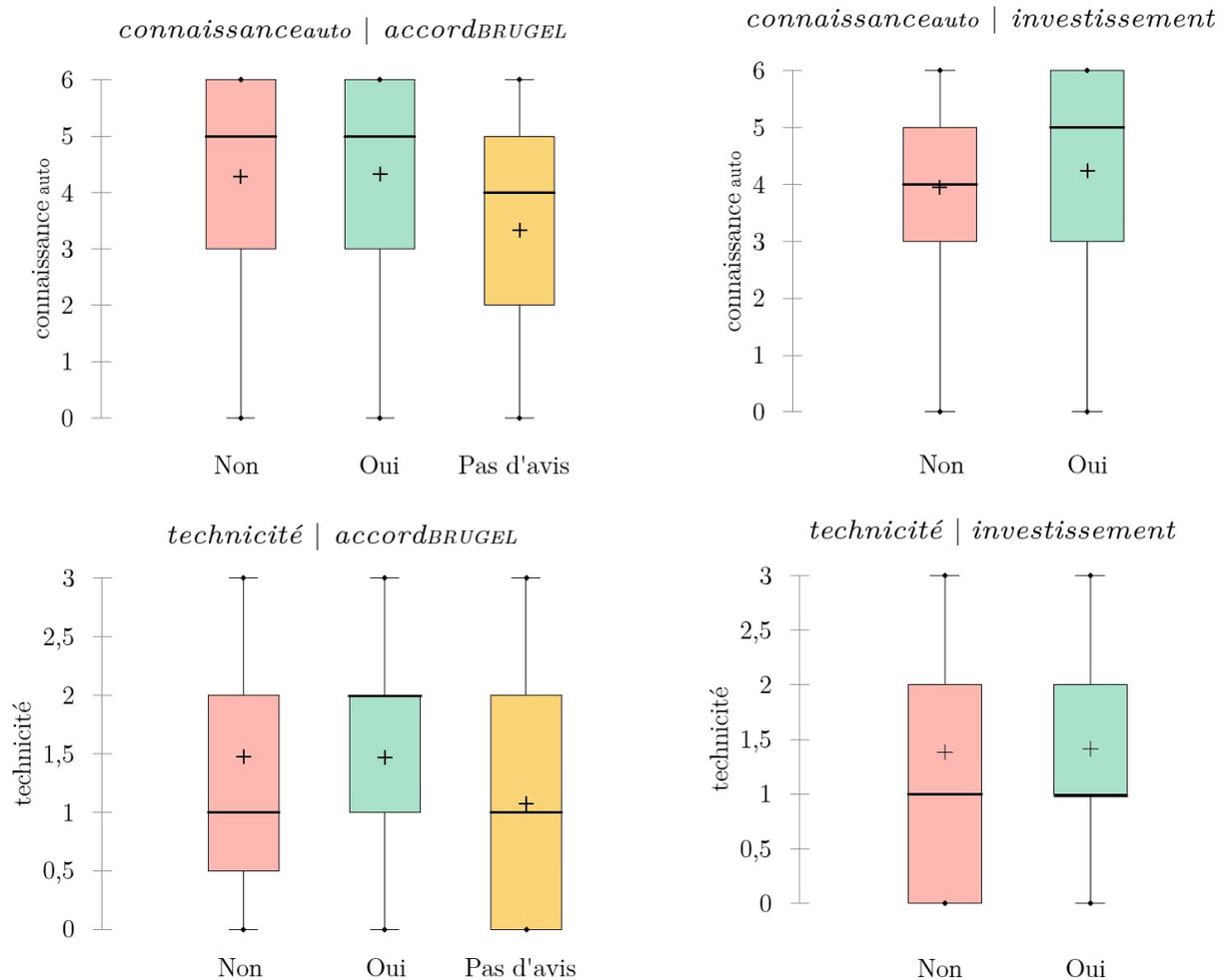


FIGURE 3.16 – Diagrammes en boîtes représentant les profils des trois sous-échantillons de la variable  $accord_{BRUGEL}$  et ceux de la variable  $investissement$  en fonction du niveau de maîtrise du système PV. La sous-population n'ayant pas d'avis semble avoir une moins bonne maîtrise du système PV.

Dans un second temps, des tests statistiques ont été réalisés sur base d'un croisement des variables  $connaissance_{auto}$  et  $technicité$  d'une part, avec les variables  $accord_{BRUGEL}$  et  $investissement$  d'autre part. Comme les conditions de normalité de la distribution des échantillons ne sont ici pas respectés (cf. Annexe G), c'est le test de Mann-Whitney qui a été appliqué. L'ensemble des tests

réalisés ici sont bilatéraux, à l'exception de ceux qui portent sur les modalités "Avis" et "Pas d'avis" de la variable  $accord_{BRUGEL}$ . Sur base des observations réalisées plus haut (cf. Figure 3.16), il a été choisi d'évaluer ce lien à l'aide de tests unilatéraux. Les résultats des différents tests sont présentés dans le tableau ci-dessous.

| Variable X<br>(modalités)               | Variable Y            | H1                   | p-value  | $\alpha=5\%$<br>( $\alpha=1\%$ )           |
|---|-----------------------|----------------------|----------|--|
| $accord_{BRUGEL}$<br>(Oui, Non)         | $connaissance_{auto}$ | Bilatérale           | 0,805    | H0 non rejetée                             |
| $accord_{BRUGEL}$<br>(Avis, Pas d'avis) | $connaissance_{auto}$ | Unilatérale à droite | < 0,0001 | <b>H0 rejetée</b><br>( <b>H0 rejetée</b> ) |
| $investissement$<br>(Oui, Non)          | $connaissance_{auto}$ | Bilatérale           | 0,136    | H0 non rejetée                             |
| $accord_{BRUGEL}$<br>(Oui, Non)         | $technicité$          | Bilatérale           | 0,989    | H0 non rejetée                             |
| $accord_{BRUGEL}$<br>(Avis, Pas d'avis) | $technicité$          | Unilatérale à droite | 0,001    | <b>H0 rejetée</b><br>( <b>H0 rejetée</b> ) |
| $investissement$<br>(Oui, Non)          | $technicité$          | Bilatérale           | 0,708    | H0 non rejetée                             |

TABLE 3.4 – Résultats des tests Mann-Whitney. H0 = mêmes distributions des sous-échantillons. Pour les tests bilatéraux, H1 = distribution différentes. Pour les tests unilatéraux à droite, H1 = valeur du sous-échantillon "Avis" > valeur du sous-échantillon "Pas d'avis". Rejet de H0 lorsque la p-value est inférieure à  $\alpha$ . Les histogrammes des différents échantillons considérés dans ces tests sont présentés à l'Annexe G.1.

Interprétation : Les tests réalisés ci-dessus ne permettent pas de conclure sur l'existence d'un lien entre le niveau de maîtrise du système PV par les prosumers (mesuré par les variables  $connaissance_{auto}$  et  $technicité$ ) et leur perception de la fin de compensation (mesurée par les variables  $accord_{BRUGEL}$  et  $investissement$ ). Toutefois, il apparaît clairement que le niveau de maîtrise du système PV et le fait d'avoir un avis sur le changement ou d'y être indifférent sont liés ; le niveau de maîtrise du système PV est moins élevé pour les "sans avis" que pour les "avis" (autrement dit, les "sans avis" ont une moins bonne maîtrise du système).

## Lien entre motivations à l'origine de l'investissement et perception de la fin de compensation

Afin d'étudier le lien entre les raisons qui ont poussé les prosumers à investir et leur perception de la fin de la compensation, les variables  $accord_{BRUGEL}$  et  $investissement$  précédemment définies ont été croisées avec la variable suivante :

- La variable catégorielle  $raison_{invest}$  correspondant aux réponses fournies à la question "Pour quelle(s) raison(s) principale(s) avez-vous investi dans le photovoltaïque?". Ses modalités sont au nombre de 5 : réduction facture électrique, action contre réchauffement climatique, investissement rentable, ajout plus-value au logement et conseil (le champ "autres" ayant été exclu de l'analyse).

Un test  $\chi^2$  a été effectué pour chacune des raisons proposées dans le questionnaire, étant donné qu'il s'agit d'une question à choix multiple (s'il s'agissait d'une question à choix unique, un seul test  $\chi^2$  aurait permis de tester le lien général existant entre ces deux variables). Les résultats des tests effectués sont présentés dans les tableaux 3.5 et 3.6.

| Raison investissement                  | p-value | $\alpha=5\%$<br>( $\alpha=1\%$ ) |
|--|---------|----------------------------------|
| Réduction facture électrique           | 0,787   | H0 non rejetée                   |
| Action contre réchauffement climatique | 0,999   | H0 non rejetée                   |
| Investissement rentable                | 0,670   | H0 non rejetée                   |
| Ajout +value au logement               | 0,290   | H0 non rejetée                   |
| Conseil                                | 0,733   | H0 non rejetée                   |

TABLE 3.5 – Résultats des tests  $\chi^2$ . H0 = Indépendance entre les 2 variables  $raison_{invest}$  et  $accord_{BRUGEL}$ . H1 = Liaison (dépendance) entre les 2 variables. Rejet de H0 lorsque la p-value est inférieure à  $\alpha$ . Les tableaux de contingence sur base desquels ces tests ont été réalisés sont présentés à l'Annexe G.1.

| <b>Raison investissement</b>           | <b>p-value</b> | $\alpha=5\%$<br>( $\alpha=1\%$ )      |
|--|----------------|---------------------------------------|
| Réduction facture électrique           | 0,767          | H0 non rejetée                        |
| Action contre réchauffement climatique | 0,016          | <b>H0 rejetée</b><br>(H0 non rejetée) |
| Investissement rentable                | 0,814          | H0 non rejetée                        |
| Ajout +value au logement               | 0,178          | H0 non rejetée                        |
| Conseil                                | 0,420          | H0 non rejetée                        |

TABLE 3.6 – Résultats des tests  $\chi^2$ . H0 = Indépendance entre les 2 variables  $raison_{invest}$  et  $investissement$ . Rejet de H0 lorsque la p-value est inférieure à  $\alpha$ . Les tableaux de contingence sur base desquels ces tests ont été réalisés sont présentés à l'Annexe G.2.

Interprétation : Seul un de ces tests s'est avéré concluant et a permis le rejet de l'hypothèse d'indépendance ; lorsque l'investissement a été motivé (du moins partiellement) par le fait d'agir contre le réchauffement climatique, un lien semble exister entre les variables  $investissement$  et  $raison_{invest}$  à un niveau de confiance de 95%. Autrement dit, il semblerait que les prosumers ayant répondu avoir investi pour des raisons entre autres environnementales regrettent moins leur décision d'avoir investi que ceux qui ne l'auraient pas fait pour cette raison. Toutefois, l'existence du lien entre ces deux variables ne peut être garantie à un niveau de confiance de 99%.

### **Lien entre la connaissance de la fin de compensation et la disposition à s'adapter**

Pour tester ce lien, les variables suivantes ont été croisées :

- La variable catégorielle ***conscience<sub>fincomp</sub>*** correspondant aux réponses fournies à la question "Êtes-vous au courant que la RBC prévoit de mettre fin au principe de compensation?". Ses modalités sont "Oui" et "Non" (les deux modalités de la question de départ "Non, je n'étais pas au courant" et "Non, je ne sais pas ce qu'est le principe de compensation" ayant été réunies) ;
- La variable catégorielle ***changement<sub>habitudes</sub>*** correspondant aux réponses fournies à la question "Avez-vous changé vos habitudes de consommation d'électricité depuis l'installation de vos panneaux PV". Ses modalités sont "Oui" et "Non" ;
- La variable catégorielle ***disposition<sub>changement</sub>*** correspondant aux réponses fournies à la question "Envisageriez-vous de changer quelque chose à vos habitudes de consommation

ou à votre équipement électrique". Ses modalités sont "Oui" et "Non".

Deux tests  $\chi^2$  différents ont été réalisés en croisant les variables  $changement_{habitudes}$  et  $disposition_{changement}$  avec la variable  $conscience_{fincomp}$ . Le tableau ci-dessous résume les résultats de ces tests.

| Variable dépendante        | p-value  | $\alpha=5\%$<br>( $\alpha=1\%$ ) |
|----------------------------|----------|----------------------------------|
| $changement_{habitudes}$   | 0,0001   | H0 rejetée (H0 rejetée)          |
| $disposition_{changement}$ | < 0,0001 | H0 rejetée (H0 rejetée)          |

TABLE 3.7 – Résultats des tests  $\chi^2$  croisant les variables  $changement_{habitudes}$  et  $disposition_{changement}$  avec la variable  $conscience_{fincomp}$ . H0 = Indépendance entre les 2 variables. H1 = Liaison (dépendance) entre les 2 variables. Rejet de H0 lorsque la p-value est inférieure à  $\alpha$ . Les tableaux de contingence sur base desquels ces tests ont été réalisés sont présentés à l'Annexe G.3.

Interprétation : Les deux tests  $\chi^2$  s'avèrent significatifs et l'hypothèse d'indépendance peut être rejetée avec un niveau de certitude de 99% dans les deux cas. Un lien existe donc entre ces variables, suggérant que les personnes conscientes de la fin de compensation se sont plus adaptées à celle-ci, ou sont plus enclines à changer leurs habitudes de consommation ou leurs équipements futurs, que les personnes inconscientes du changement.

### 3.2.6 Critique des résultats et biais

Il n'est pas rare que les enquêtes induisent certains biais ou erreurs dans les résultats, c'est pourquoi il convient de rester prudent dans l'interprétation des conclusions de ce chapitre. Dans le cas d'une enquête par questionnaire, il s'agit généralement d'erreurs dues aux défauts du questionnaire ou d'erreurs imputables aux répondants (Vermandele, 2016).

Une série de défauts peuvent être imputés au questionnaire réalisé dans le cadre de ce mémoire :

- Alternatives masquées et biais dans les choix proposés : Dans le cas de questions fermées à choix unique ou multiple, un biais peut être induit par les réponses proposées. Ce biais peut être lié au contenu des propositions énoncées ou à leur non-exhaustivité. Les questions 7 et 8 du questionnaire présentent un tel défaut. Pour la question 7 (estimation du taux d'autoconsommation moyen pour le secteur résidentiel à Bruxelles), les tranches de valeurs proposées pour quantifier le taux d'autoconsommation peuvent influencer les réponses des personnes enquêtées. Pour la question 8 (raison(s) d'investissement dans le PV), seules 5

alternatives sont énumérées. Bien que le répondant puisse compléter un champ "autre", cette construction aura tendance à induire une erreur dans les réponses fournies ; certains répondants vont préférer se rabattre sur une réponse qui ne reflète pas totalement leur situation plutôt que compléter le champ "autre".

- Effet de "halo" : Certaines questions peuvent avoir une influence sur les questions suivantes. Par exemple, le fait d'interroger les prosumers sur leur accord avec les raisons invoquées par BRUGEL pour justifier la fin de la compensation (question 13) peut influencer leur réponse à la question suivante, à savoir "Auriez-vous investi si vous aviez su que le principe de compensation allait être supprimé?".
- Traitement des réponses aux questions ouvertes : Les questions ouvertes sont difficiles à analyser et nécessitent une opération de regroupement. Cette phase de regroupement comporte une part d'interprétation subjective des réponses. À cela s'ajoute un certain nombre de réponses inappropriées, qui doivent être écartées de l'analyse. Le traitement de ces questions peut donc induire un biais dans les résultats. C'est le cas de la question 13 du questionnaire, portant sur l'accord des répondants avec les raisons invoquées par Brugel justifiant la fin de compensation, mais également de l'ensemble des questions portant sur la connaissance du système PV par les prosumers (questions 1 à 6). En outre, les réponses à ces questions n'ayant pas pu y être limitées à des nombres (limite du logiciel utilisé pour la réalisation du sondage), leur analyse est d'autant plus complexe. Deux exemples peuvent être donnés pour illustrer cela :
  - \* Lorsque la puissance de l'installation PV (question 1) est demandée, certains répondants indiquent la puissance unitaire de leurs modules et ne précisent pas toujours le nombre de modules.
  - \* Bien que l'impact de l'autoproduction sur la réduction de la facture soit demandé en unités monétaires (€/an) (question 5), certains sondés répondent par un pourcentage.

Par ailleurs, un biais lié à l'échantillonnage est également à prendre en compte dans l'interprétation des résultats :

- Hypothèse de départ : Lors de la sélection de l'échantillon, l'hypothèse a été faite que toutes les installations de puissance jusqu'à 6 kWc peuvent être raccordées à un onduleur de 5 kVA et donc être en régime de compensation. Néanmoins, la possibilité d'un surdimensionnement de l'onduleur, dans certains cas, ne peut pas être exclue.
- Représentativité : Malgré une diffusion de l'enquête à, a priori, l'ensemble de la population cible, un biais de sélection ne peut pas être exclu de notre enquête (on parle également de biais de non-réponse). Il est par exemple tout à fait possible que les répondants à l'enquête se sentent plus concernés par la fin de la compensation que les prosumers qui n'ont pas complété le questionnaire.

Finalement, il est important de noter que des biais peuvent également être imputables aux répondants, notamment dans le cas d'une mauvaise compréhension des questions. Au vu de certaines réponses, toutes les questions ou passages explicatifs n'ont pas été lus dans leur totalité. Une série de réponses portant sur l'accord avec les raisons invoquées par BRUGEL témoignent d'une incompréhension du principe de compensation.

### **3.3 Discussion et conclusion**

De l'enquête menée auprès des prosumers bruxellois, il ressort que la fin de la compensation suscite de nombreuses réactions. La majorité des répondants s'y opposent, estimant avant tout qu'il s'agit d'une mesure défavorable au déploiement des énergies vertes et d'un changement de règles en cours de route. Ces justifications viennent donc confirmer l'existence d'un réel débat sur le changement, et en particulier sur son caractère rétroactif. Les réactions semblent toutefois plus modérées lorsqu'il s'agit de remettre en question la décision d'avoir investi dans le PV : une majorité des répondants estiment qu'ils auraient investi même s'ils avaient su.

Par ailleurs, malgré cette tendance à l'opposition, une série d'adaptations comportementales sont mises en place, ou en tout cas envisagées dans un futur plus ou moins proche, afin de faire face à la nouvelle situation. Ces démarches sont la plupart du temps pertinentes, ce qui pourrait témoigner d'une certaine compréhension du sujet, ou du moins de ses implications.

Néanmoins, plusieurs facteurs laissent à penser que la fin de la compensation n'est, dans l'ensemble, pas totalement maîtrisée. Une ignorance importante du changement et incompréhension de son impact financier peuvent être citées.

Les tests d'hypothèses ont permis la mise en évidence de certains liens. Ainsi, le niveau de maîtrise du système et le fait d'avoir un avis sur la fin de la compensation sont dépendants, et un lien existe entre la perception du changement et les motivations environnementales à l'origine de l'investissement, les répondants les plus sensibles à la cause environnementale ayant tendance à mieux l'accepter. La disposition des prosumers à s'adapter au changement au moyen de nouvelles pratiques et équipements apparaît également liée à leur connaissance préalable du changement.

Finalement, une série de défauts et biais ont été identifiés pour l'enquête réalisée, rendant l'analyse des résultats parfois laborieuse. La complexité de cette analyse tient également au fait qu'une approche quantitative a été privilégiée dans cette étude. Bien que significantes, les réponses à l'enquête ne reflètent pas toujours les questions posées et sont parfois particulièrement difficiles à interpréter.



# Conclusion et perspectives

## Conclusion

Le présent mémoire étudie la fin de la compensation à Bruxelles, en se focalisant sur la perception qu'en ont les prosumers. En plus de donner au lecteur une meilleure compréhension de la polémique née autour de ce changement réglementaire, son objectif est d'évaluer les implications potentielles de ce changement. Les différentes conclusions qui ont pu être tirées de cette étude, ainsi que ses limites, sont présentées ci-dessous. Pour terminer, quelques pistes d'amélioration sont également proposées et des recommandations à destination des acteurs compétents en matière d'information et de sensibilisation sur la fin de la compensation sont énoncées.

Le premier chapitre souligne l'importance du rôle qu'ont joué les mécanismes de soutien dans le développement PV en Belgique et à Bruxelles. La forte diminution des prix des panneaux PV diminue le besoin de recourir à de tels mécanismes, qui doivent également évoluer en raison de leur inadéquation aux systèmes électriques traditionnels. Au travers des questions d'inégalités qu'il soulève, le principe de compensation à Bruxelles illustre parfaitement ce décalage.

Le second chapitre reprend l'évolution du cadre réglementaire pour le PV en Belgique et présente le dossier de la fin de la compensation à Bruxelles étape par étape, en partant des motivations à l'origine de la décision. Il rend compte de sa complexité, liée à la fois à la structure des systèmes belge et bruxellois (séparation des pouvoirs et activités) et à la multitude d'intérêts qu'il oppose ou met en relation. Ce chapitre révèle également une certaine instabilité du dossier, qui a fait l'objet de plusieurs reports d'échéance.

Le troisième chapitre présente les résultats de l'enquête réalisée dans le cadre de ce travail. Suite à la collaboration avec BRUGEL, les prosumers bruxellois ont pu être spécifiquement adressés et un taux de réponse très satisfaisant a été obtenu. La bonne représentativité de l'échantillon laisse également à penser que les résultats obtenus sont significatifs.

La première partie de l'analyse révèle que le sujet de la fin de la compensation est, de manière générale, peu maîtrisé par la population des prosumers. Certains l'ignorent, d'autres en ont une mauvaise interprétation ou se retrouvent impuissants face à l'idée de s'adapter. La fin de la com-

pensation est ainsi souvent associée à une diminution de la rentabilité des investissements par les prosumers, bien que la révision à la hausse du nombre de CV qui a eu lieu pour garantir un retour sur investissement constant soit mentionnée dans l'enquête. Par ailleurs, les oppositions qu'elle suscite sont nombreuses et concernent avant tout son impact défavorable sur le futur déploiement des EnR et la rétroactivité considérée de la mesure. Finalement, une part non négligeable de la population des prosumers envisage (ou a déjà mis en place) des actions permettant l'optimisation de l'autoconsommation, que ce soit de manière spontanée ou lorsque la fin de la compensation est évoquée.

L'analyse des résultats à l'aide de méthodes statistiques réalisée dans la deuxième partie de ce troisième chapitre permet de mettre en évidence certains liens :

- L'hypothèse selon laquelle le degré de maîtrise du système PV et la perception du changement de régulation sont liés n'a pas pu être validée. Toutefois, un lien clair apparaît entre un faible niveau de maîtrise et l'indifférence au changement.
- Le lien entre la perception du changement et les motivations qui ont poussé les prosumers à investir dans le PV a pu être mis en évidence pour une motivation précise : celle d'agir contre le réchauffement climatique. En effet, les prosumers ayant investi dans le PV entre autres pour des raisons environnementales semblent moins remettre en question leur investissement suite à l'annonce de la fin de la compensation que ceux qui ne l'auraient pas fait pour cette raison. Il semblerait donc que la fin de la compensation influence moins la décision des personnes plus sensibles à la cause environnementale.
- Finalement, il apparaît que les prosumers conscients de la fin de compensation au moment de l'enquête ont davantage modifié leurs pratiques de consommation ou équipements que les prosumers ignorant le changement. Cette connaissance, que l'on pourrait associer à une compréhension générale de la problématique, influence également la disposition à des changements de comportements futurs.

L'enquête qui accompagne ce mémoire apporte des éléments nouveaux, notamment en ce qui concerne les caractéristiques socio-démographiques des prosumers bruxellois, très peu documentées dans la littérature actuelle. Par ailleurs, ces résultats sont dévoilés à un moment suffisamment antérieur à l'implémentation future de la fin de compensation, de sorte que les différents acteurs de ce changement puissent s'armer des outils nécessaires à sa mise en oeuvre optimale.

### **Limites et perspectives futures**

Sans pour autant impacter la validité des résultats, ce travail souffre d'un certain nombre de limites. L'une d'entre elles réside dans l'insuffisance de données sur les prosumers bruxellois. Leurs caractéristiques socio-démographiques sont méconnues, ce qui complexifie la réalisation d'études comme celle-ci. De nombreuses hypothèses ont du y être faites à cet égard et l'éventuelle existence d'un biais dans la représentativité de l'échantillon n'est pas à exclure.

Une autre limite identifiée est liée à la manière dont les résultats de l'enquête ont été analysés dans le cadre de ce mémoire. En effet, une partie des hypothèses testées se basent sur le niveau de maîtrise qu'ont les prosumers de leur système PV, qui a donc du être estimé. Là aussi, un grand nombre d'hypothèses ont été émises. Cette limite aurait toutefois difficilement pu être contournée autrement, étant donné l'impossibilité de vérifier l'exactitude d'un certain nombre d'informations.

Finalement, l'enquête réalisée dans ce travail a été menée à un moment important de la fin de la compensation : entre son annonce et son entrée en vigueur effective. Dès lors, il n'est pas déraisonnable de croire que certains répondants en ont profité pour exprimer leurs revendications envers une mesure peut-être encore considérée flexible à l'heure actuelle, et que ces répondants sont surreprésentés dans l'échantillon.

Plusieurs pistes d'amélioration ont été identifiées pour ce travail :

- Le présent mémoire se focalise sur la perception de la fin de la compensation par une catégorie d'acteurs, les prosumers bruxellois. Pour aller plus loin, il serait intéressant de nuancer cette vision en étudiant le point de vue d'autres acteurs concernés par le changement, à savoir celui des consommateurs "classiques", des gestionnaires de réseau ou même des installateurs de panneaux PV.
- Les résultats présentés au Chapitre 3 pourraient être affinés de plusieurs manières. Un certain nombre d'hypothèses pourraient être levées en posant davantage de questions dans l'enquête, en particulier des questions destinées à évaluer le niveau de technicité et compréhension des prosumers. Un niveau de détail plus élevé présente toutefois le risque de réduire le taux de réponse et ainsi la signifiante des résultats. Il serait également intéressant d'étudier le lien entre les motivations à installer et la perception du changement sur base d'une catégorisation plus fine des prosumers ; la motivation principale ou une priorité dans leur choix de motivations pourrait leur être demandée.
- L'approche quantitative utilisée dans ce travail pourrait être suppléée d'une approche qualitative. Des entretiens semi-directifs pourraient par exemple être conduits auprès d'individus précédemment interrogés par questionnaire pour creuser certaines des dimensions plus difficiles à aborder et approfondir certains résultats.

## **Recommandations**

Comme le révèlent les différents chapitres de ce mémoire, la fin de la compensation est un sujet complexe, au croisement d'intérêts divergents. Les nombreux rebondissements autour de sa mise en oeuvre à Bruxelles et changements d'échéances associés semblent entraîner une confusion auprès des prosumers, dont la maîtrise du sujet est déjà généralement assez faible.

À cet égard, des efforts renforcés de sensibilisation et d'information, que ce soit à destination des prosumers actuels ou futurs, ne semblent pas superflus. C'est essentiellement sur les aspects financiers (impact sur la rentabilité de l'installation) et sur les moyens d'optimiser son auto-consommation, pour tirer avantage de la fin de compensation de manière optimale, qu'il paraît nécessaire d'insister.

# Bibliographie

- APERe (2018a). Observatoire des prix de l'énergie. <https://www.apere.org/fr/observatoire-prix>. Dernière consultation le 14-06-2018.
- APERe (2018b). Observatoire photovoltaïque. <http://www.apere.org/fr/observatoire-photovoltaïque>. Dernière consultation le 14-06-2018.
- APERe (2018c). Photovoltaïque - historique. <http://www.meteo-renouvelable.be/Photovoltaïque/Historique>. Dernière consultation le 17-07-2018.
- Barraco, J. V. (2014). Distributed Energy and Net Metering : Adopting Rules to Promote a Bright Future. *Journal of Land Use & Environmental Law*, 29(2) :365–400.
- Battle, C., Pérez-Arriaga, I., and Zambrano-Barragán, P. (2012). Regulatory design for RES-E support mechanisms : Learning curves, market structure, and burden-sharing. *Energy Policy*, 41 :212–220.
- Brown, A. and Lund, L. (2013). Distributed Generation : How Green? How Efficient? How Well-Priced? *The Electricity Journal*, 26(3) :28–34.
- Brown, D. P. and Sappington, D. E. M. (2016). Designing Compensation for Distributed Solar Generation : Is Net Metering Ever Optimal? *The Energy Journal*, 38(3) :1–32.
- BRUGEL (2014). Projet de méthodologie tarifaire électricité. Technical report.
- BRUGEL (2017a). Etude d'initiative relative au parc photovoltaïque en Région de Bruxelles-Capitale - 2015.
- BRUGEL (2017b). Rapport annuel 2016 - Fonctionnement du marché des certificats verts et des garanties d'origine. Technical report.
- BRUGEL (2018a). Brugel décide de lier l'entrée en vigueur de la fin de la compensation sur les coûts de réseau à la mise en œuvre du MIG6. <https://www.brugel.brussels/actualites/consultations>. Dernière consultation le 15-07-2018.
- BRUGEL (2018b). Décision en faveur de BRUGEL dans le cadre du recours TPCV contre la méthodologie tarifaire électricité. <https://www.brugel.brussels/blog/actualites-3/post/decision-en-faveur-de-brugel-dans-le-cadre-du-recours-tpcv-contre-la-methodologie-tarifaire-electricite-261>. Dernière consultation le 11-08-2018.
- BRUGEL (2018c). Les marchés du gaz et de l'électricité en région de Bruxelles-Capitale en chiffres - Electricité Verte - 4e trimestre 2017.

- BRUGEL (2018d). Vendre les certificats verts. [https://www.brugel.brussels/acces\\_rapide/notre-blog-1/vendre-les-certificats-verts-38](https://www.brugel.brussels/acces_rapide/notre-blog-1/vendre-les-certificats-verts-38). Dernière consultation le 13-05-2018.
- Bruxelles Environnement (2018). L'ancien système de calcul pour les installations photovoltaïques. <http://www.environnement.brussels/thematiques/energie/les-certificats-verts/lancien-systeme-de-calcul-pour-les-installations>. Dernière consultation le 19-07-2018.
- Cohen (2013). The Giant Headache That Is Net Energy Metering. *Electricity Currents*, 26(6).
- Courtel, J. (2017). Photovoltaïque : l'Europe avance quand elle joue collectif. *Le Journal du photovoltaïque*, (21) :26–29.
- CREG (2018). Comment est composé le prix de l'énergie? <http://www.creg.be/fr/consommateurs/prix-et-tarifs/comment-est-compose-le-prix-de-lenergie>. Dernière consultation le 07-08-2018.
- Darghouth, N. R., Wisser, R. H., Barbose, G., and Mills, A. D. (2016). Net metering and market feedback loops : Exploring the impact of retail rate design on distributed PV deployment. *Applied Energy*, 162 :713–722.
- De Boeck, L., Van Asch, S., De Bruecker, P., and Audenaert, A. (2016). Comparison of support policies for residential photovoltaic systems in the major EU markets through investment profitability. *Renewable Energy*, 87 :42–53.
- Decaestecker, C. (2011). *Cours d'analyse de données multivariées*.
- Dehler, J., Keles, D., Telsnig, T., Fleischer, Benjamin Baumann, Manuel Fraboulet, D., Faure, A., and Fichtner, W. (2015). Chapter 27 - self-consumption of electricity from renewable sources. In *Europe's Energy Transition - Insights for Policy Making*. Academic Press.
- Eid, C., Reneses Guillén, J., Frías Marín, P., and Hakvoort, R. (2014). The economic effect of electricity net-metering with solar PV : Consequences for network cost recovery, cross subsidies and policy objectives. *Energy Policy*, 75 :244–254.
- Energuides (2018). À combien de certificats verts ai-je droit? <https://www.energuides.be/fr/questions-reponses/a-combien-de-certificats-verts-ai-je-droit/33/>. Dernière consultation le 18-07-2018.
- Eurostat (2016). Share of renewable energy in gross final energy consumption. [http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=t2020{}\\_31&plugin=1](http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=t2020{}_31&plugin=1). Dernière consultation le 11-08-2018.
- Eurostat (2018). Infrastructure - Electricity - Annual Data. [http://ec.europa.eu/eurostat/product?code=nrg{}\\_113a&language=en&mode=view](http://ec.europa.eu/eurostat/product?code=nrg{}_113a&language=en&mode=view). Dernière consultation le 06-08-2018.
- Huart, M. (2017). Fin de la compensation pour les prosumers : menace ou opportunité? <http://www.renouvelle.be/fr/debats/fin-de-la-compensation-pour-les-prosumers-menace-ou-opportunit>. Dernière consultation le 10-08-2018.

- IBSA (2017). Chiffres sur la population bruxelloise. [ibsa.brussels](http://ibsa.brussels). Dernière consultation le 07-08-2018.
- International Energy Agency (2017). World Energy Outlook 2017. Executive summary.
- Luthander, R., Widén, J., Nilsson, D., and Palm, J. (2015). Photovoltaic self-consumption in buildings : A review. *Applied Energy*, (142) :80–94.
- Masa-Bote, D., Castillo-Cagigal, M., Matallanas, E., Caamaño-Martín, E., Gutiérrez, A., Monasterio-Huelín, F., and Jiménez-Leube, J. (2014). Improving photovoltaics grid integration through short time forecasting and self-consumption. *Applied Energy*, 125 :103–113.
- Moniteur Belge (2016). Arrêté du 17 décembre 2015 du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale relatif à la promotion de l'électricité verte. page 485.
- Neff, E. J. (2015). *An evaluation of the exchange of energy and value in net metering in North California*. PhD thesis, Appalachian State University.
- Parlement européen (2018). Énergie : nouvel objectif de 32% d'énergies renouvelables d'ici 2030 conclu par les députés et les ministres. <http://www.europarl.europa.eu/news/fr/press-room/20180614IPR05810/nouvel-objectif-de-32-d-energies-renouvelables-d-ici-2030>. Dernière consultation le 15-07-2018.
- Quoilin, S., Kavvadias, K., Mercier, A., Pappone, I., and Zucker, A. (2016). Quantifying self-consumption linked to solar home battery systems : Statistical analysis and economic assessment. *Applied Energy*, 182 :58–67.
- REN21 (2018). *Renewables 2018 Global Status Report*.
- RTBF (2018). La Belgique va généraliser les compteurs d'électricité intelligents. <https://www.rtbf.be/info/belgique/detail{ }la-belgique-va-generaliser-les-compteurs-d-electricite-intelligents?id=9937466>. Dernière consultation le 12-07-2018.
- Salès-Wuillemin, E. (2006). Méthodologie de l'enquête. In *M., Bromberg et A., Trognon (Eds.) Psychologie Sociale 1*, number July, pages 45–77. Presses Universitaires de France.
- SolarPower Europe (2018). Global Market Outlook for Solar Power 2018-2022. Technical report.
- STATBEL (2017). Salaires mensuels bruts moyens des salariés employés à temps plein. <https://bestat.statbel.fgov.be/bestat/crosstable.xhtml?view=563d857c-c9b3-43b2-8a00-1c0e40e8dffd>. Dernière consultation le 06-07-2018.
- STATBEL (2018). Structure de la population. <https://statbel.fgov.be/fr/themes/population/structure-de-la-population>. Dernière consultation le 04-07-2018.
- Tesla (2018). Powerwall. <https://www.tesla.com/fr{ }BE/powerwall>. Dernière consultation le 11-08-2018.
- Trends Tendances (2018). Les jeunes de moins en moins présents sur le marché immobilier. *Trends Tendances*. Dernière consultation le 12-08-2018.

- Vermandele, C. (2016). Les principales causes de l'erreur de mesure. In *Méthodes de sondage et d'enquête*.
- World Bank Group (2016). Global Solar Atlas. <http://globalsolaratlas.info/?c=50.777287,5.045471,9{s=50.838901,4.378436>. Dernière consultation le 04-08-2018.
- Zucker, A. (2016). Energy self-consumption and regulation schemes. Technical report, The European Commission's science and knowledge service. Joint Research Centre.

## Annexe A

# Résumé de l'entretien avec Régis Lambert de BRUGEL

- Date : 13 avril 2018
- Lieu : bureaux de BRUGEL, avenue des Arts 46, 1000 Bruxelles
- Interviewé : Régis Lambert, chef de service Energies Renouvelables au sein de BRUGEL

*La décision d'équiper les installations de production d'électricité verte de compteurs double flux en 2007 était-elle déjà liée à l'idée de mettre fin à la compensation ?*

Probablement pas. Il s'agissait cependant d'une bonne décision de la part du GRD quant à la gestion du réseau. Avoir vue sur l'ensemble des flux, c'est avoir vue sur ce qui se passe sur le réseau, et c'est toujours intéressant. C'est grâce à la présence de ces compteurs qu'il est possible de mettre fin au principe de compensation (ce n'est pas le cas en Flandre ou en Wallonie).

*Peut-on considérer cette fin de compensation comme une mesure rétroactive ?*

Avant mi-2011, la compensation n'était aucunement légiférée, aucun texte légal ne la mentionnait. La compensation avait été implémentée par la pratique, par Sibelga, mais il ne s'agissait pas d'un droit acquis. C'est par l'arrêté "électricité verte" entré en vigueur le 1er juillet 2011 que la compensation a été légiférée.

En décembre 2015, un nouvel arrêté annonçait la fin de la compensation en 2018 pour la partie "commodity" alors qu'en 2014, BRUGEL annonçait déjà la fin de la compensation pour la partie "réseau". La mesure pourrait donc être considérée comme rétroactive uniquement pour les prosumers ayant installé des panneaux solaires entre 2011 et 2015. Et là encore, BRUGEL a proposé au Gouvernement de compenser ce manque à gagner pour les installations mises en service après 2011, mais cette proposition n'a pas été suivie par ce dernier. Actuellement, la Cour

d'appel ne fait même plus la distinction entre avant et après 2011 et ne considère pas du tout la compensation comme un droit acquis.

*N'y a-t-il pas un risque de diminuer l'attractivité financière du PV et de décourager les investissements futurs ?*

A Bruxelles, la formule de soutien pour le PV tient compte de cette fin de la compensation depuis 2016. La perte financière associée à la fin de la compensation est contrebalancée dans le calcul des certificats verts, pour lesquels le coefficient multiplicateur augmente.

*Cette instabilité du cadre réglementaire ne perturbe-t-elle pas un peu le marché, ne rend-elle pas les futurs investisseurs frileux ?*

Si c'est le cas, c'est en raison de la confusion qui règne autour de la fin de la compensation et de l'amalgame avec les autres Régions. Pour le moment, cette instabilité a in fine bénéficié aux prosumers et pas l'inverse. La situation actuelle est très favorable aux prosumers car le niveau de soutien a été calculé comme si la compensation prenait fin en 2018 (alors qu'on sait aujourd'hui que ce ne sera pas avant 2020).

*La fin de compensation aura-t-elle un réel impact sur le comportement des prosumers (actuels et futurs) ? Pourquoi ? Est-ce la raison pour laquelle cette décision a été prise ?*

Elle aura certainement un impact sur les comportements des prosumers et il s'agissait, en effet, d'une des raisons pour laquelle il a été décidé de mettre fin à la compensation. En réalité, 3 raisons ont motivé la fin de la compensation ;

- La décision a été prise avant tout pour des raisons d'équité et de non-discrimination.
- Ensuite, cette décision est liée à la volonté d'intégrer le renouvelable dans le marché (ce qui est fortement encouragé par l'Europe). En supprimant la compensation, les prosumers deviennent actifs sur le marché et doivent vendre eux-mêmes l'électricité qu'ils injectent sur le réseau. Il s'agit donc d'un levier poussant les prosumers à devenir des acteurs vertueux du réseau.
- La 3e raison est d'ordre juridique ; la compensation permet le non-paiement de certains coûts de réseau, comme le tarif de transport de l'électricité. Or, le transport de l'électricité est une compétence fédérale. Avec la compensation (mise en place à un niveau régional), on empiète sur une compétence fédérale et sur les revenus d'un autre niveau de pouvoir.

*Pourquoi aligner la fin de la compensation sur la mise en œuvre du MIG6 ?*

Aujourd'hui, il devient compliqué, voire pas prévu, de gérer et de lier les deux flux électriques des

prosumers (prélèvement et injection). Jusqu'à présent, c'est Sibelga qui calcule la compensation à partir des relevés d'index et transmet ces informations aux fournisseurs. En mettant totalement fin à la compensation, tout ce qui est prélevé sur le réseau sera facturé "normalement", et tout ce qui est injecté sur le réseau sera revendu. Un problème se pose donc au niveau de la facturation auprès des fournisseurs (une double facturation est nécessaire). Le MIG6 (Market Implementation Guide 6) est le nouveau protocole de communication qui régit la manière dont les GRD communiquent avec les fournisseurs. Ce protocole s'adapte aux nouvelles réalités du marché (production décentralisée, stockage de l'énergie,...). L'idée est également d'avoir une Clearing house centralisée et fédérale (jusqu'à présent, chaque GRD dispose de sa propre Clearing House fonctionnant selon une technologie informatique spécifique).

*En quoi consiste la solution intermédiaire que BRUGEL envisage de mettre en place si le lancement du MIG6 prend du retard ?*

Lever l'obligation de rachat de l'injection par les fournisseurs pourrait être une solution intermédiaire, mais faisable uniquement si la fin de compensation se fait de manière synchronisée (pour la partie "commodity" et "réseau"). Si ce n'est pas le cas, cette solution intermédiaire n'a pas beaucoup de sens.

## Annexe B

### Régime d'octroi de CV par année

| Année  | Nombre de CV/MWh  |
|--------|-------------------|
| < 2008 | 0 <sup>1</sup>    |
| 2008   | 7,27 <sup>2</sup> |
| 2009   |                   |
| 2010   |                   |
| 2011   |                   |
| 2011   | 5 ou 7,27         |
| 2012   | 4 ou 5            |
| 2013   | 2,4 ou 4          |
| 2014   | 2,4               |
| 2015   |                   |
| 2016   | 2,4 ou 3          |
| 2017   | 3                 |
| 2018   |                   |

TABLE B.1 – Nombre de CV octroyés en fonction de l'année de certification de l'installation. Pour les années durant lesquelles le régime d'octroi a été modifié, le nombre de CV avant et après changement du régime est indiqué. Source : Bruxelles Environnement (2018); Energuide (2018)

---

1. Les installations certifiées avant 2008 ne bénéficiant plus de CV (durée d'octroi de 10 ans dépassée), le nombre de CV considéré dans les calculs est nul.

2. Avant le 1er juillet 2011, un ancien système de calcul était appliqué; 7,27 CV/MWh étaient octroyés pour les premiers 20m<sup>2</sup> installés.

## Annexe C

# Enquête de perception - questionnaire

Afin de connaître votre perception du système de soutien aux installations photovoltaïques, BRUGEL s'associe à Suzanna Cielen (étudiante à l'ULB) dans le cadre de son mémoire de fin d'étude.

Cette enquête vous prendra entre 5 et 10 minutes et vos réponses resteront totalement anonymes. Seuls les résultats agrégés seront utilisés.

Merci d'accepter de participer à la démarche,  
Suzanna Cielen, en partenariat avec BRUGEL

1. Connaissez-vous la puissance de vos panneaux solaires ?

- Oui, la puissance de mes panneaux solaires est de  kWc
- Non

2. Connaissez-vous la puissance de votre onduleur ?

- Oui, la puissance de mon onduleur est de  kW
- Non

3. Avez-vous une idée de la production électrique annuelle de votre installation ?

- Oui, mon installation produit annuellement environ  kWh
- Non

4. Savez-vous à combien s'élève actuellement votre facture annuelle d'électricité ?

- Oui, ma facture est d'environ  €/an

- Non
5. Avez-vous une idée de l'impact de votre installation sur la réduction de votre facture annuelle d'électricité (via l'électricité autoproduite) ?
- Oui, mon installation me permet d'économiser environ
- Non
6. Avez-vous une idée de votre gain annuel lié à l'obtention de certificats verts ?
- Oui, mes certificats verts me rapportent environ
- Non
7. Avez-vous une idée du taux d'autoconsommation moyen pour le secteur résidentiel à Bruxelles ?  
*Le taux d'autoconsommation mesure la part d'électricité photovoltaïque directement consommée sur son lieu de production.*
- Entre 20 et 30%
- Entre 30 et 40%
- Entre 40 et 50%
- Entre 50 et 60%
- Je n'en ai pas la moindre idée
8. Pour quelle(s) raison(s) principale(s) avez-vous investi dans le photovoltaïque ?
- Cela réduit ma facture d'électricité
- Je voulais agir concrètement contre le réchauffement climatique
- Il s'agit d'un investissement rentable
- Je voulais apporter une plus-value à mon logement
- On me l'a conseillé
- Autre : ...
9. Avez-vous changé vos habitudes de consommation d'électricité depuis l'installation de vos panneaux photovoltaïques ? Si oui, précisez quels sont ces changements.
- Oui,...
- Non
10. Êtes-vous au courant que la Région de Bruxelles-Capitale prévoit de mettre fin au principe de compensation ? Si oui, précisez votre source d'information (presse, Internet, TV, ...)

- Oui, je l'ai appris par ...
- Non, je n'étais pas au courant
- Non, je ne sais pas ce qu'est le principe de compensation

11. Envisageriez-vous de changer quelque chose à vos habitudes de consommation ou à votre équipement électrique ? Si oui, précisez les changements envisagés.

- Oui, ...
- Non

BRUGEL, le régulateur bruxellois pour l'énergie, annonce pour 2020 la fin du principe de compensation. En d'autres termes, les prosumers ne pourront plus déduire de leur facture d'électricité la quantité d'électricité injectée sur le réseau électrique public. La production électrique photovoltaïque injectée sur le réseau public ne sera plus valorisée au prix d'achat auprès d'un fournisseur (environ 20 c€/kWh en 2017), mais pourrait être valorisée à un prix unitaire de quelques centimes d'euro par kWh.

Par ailleurs, le nombre de certificats verts a été revu à la hausse début 2016 afin de tenir compte de la fin de la compensation (et d'assurer un retour sur investissement de 7 ans).

12. Étant conscient de la fin du mécanisme de compensation, envisageriez-vous :

|  | Oui, c'est déjà fait  | Oui, je le ferai certainement | Peut-être             | Probablement pas      |
|--|-----------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| De modifier vos habitudes de consommation?   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| De stocker votre électricité photovoltaïque excédentaire sous forme de chaleur?                                  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| De programmer vos appareils électriques (ex: lancer votre lave-vaisselle en journée)?                            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| D'améliorer l'efficacité énergétique de certains de vos équipements électriques (ex: éclairage, électroménager)? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| D'investir dans une batterie?  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

La principale raison justifiant la décision de mettre fin à ce principe de compensation est le fait que tous les consommateurs doivent participer de manière équitable aux frais de réseau, en fonction de l'usage qu'ils en font. Avec le développement croissant du photovoltaïque, il importe de faire évoluer le système pour que la charge des frais de réseau soit portée de manière non-discriminatoire entre les différents consommateurs selon leur usage réel.

13. Êtes-vous d'accord avec les raisons invoquées ci-dessus ? Si non, expliquez pourquoi.
- Oui
  - Je n'ai pas d'avis
  - Non, ...
14. Auriez-vous investi si vous aviez su que le principe de compensation allait être supprimé ?
- Oui
  - Non
15. Êtes-vous :
- Une femme
  - Un homme
16. Dans quelle tranche d'âge vous situez-vous ?
- 18-25
  - 26-35
  - 36-45
  - 46-55
  - 56-65
  - Plus de 65 ans
17. Depuis quand êtes-vous prosumer (i.e. depuis quand disposez-vous d'une installation photovoltaïque) ?

*Champ de réponse*

18. Quel est votre plus haut niveau d'enseignement ?
- Secondaire inférieur

- Secondaire supérieur
- Supérieur de type court
- Supérieur de type long
- Doctorat

19. Quel est votre code postal ?

*Champ de réponse*

## Annexe D

# Caractéristiques de la population bruxelloise

D'après les chiffres de l'office belge de statistique (STATBEL), la population bruxelloise comptait, au 1er janvier 2018, 1 198 726 habitants, dont 51% de femmes et 49% d'hommes (STATBEL, 2018). La figure D.1 présente la répartition de la population bruxelloise par tranche d'âge.

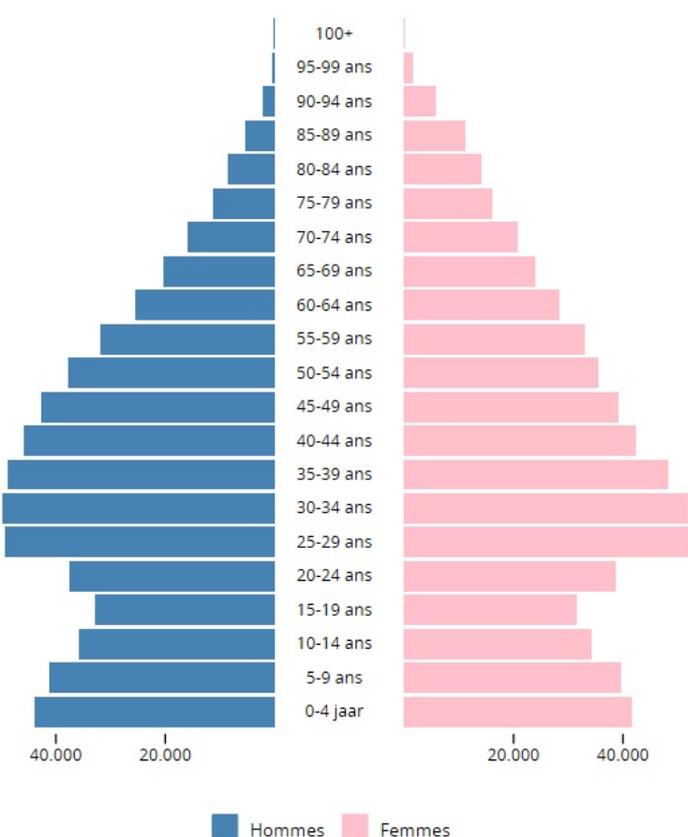


FIGURE D.1 – Pyramide des âges dans la Région de Bruxelles-Capitale au 1er janvier 2018.  
Source : STATBEL (2018).

## Annexe E

# Etude de la population des répondants

| Commune               | Nombre d'installations détenues par des particuliers (a) | %    | Nombre de répondants (b) | %    | (b)/(a) (%) |
|-----------------------|--|------|--------------------------|------|-------------|
| Anderlecht            | 187  | 6,9  | 30                       | 6,6  | 16,0        |
| Auderghem             | 172  | 6,4  | 29                       | 6,4  | 16,9        |
| Berchem-Sainte-Agathe | 139  | 5,1  | 22                       | 4,9  | 15,8        |
| Bruxelles             | 331  | 12,2 | 44                       | 9,7  | 13,3        |
| Etterbeek             | 71   | 2,6  | 13                       | 2,9  | 18,3        |
| Evere                 | 103  | 3,8  | 17                       | 3,8  | 16,5        |
| Forest                | 79   | 2,9  | 16                       | 3,5  | 20,3        |
| Ganshoren             | 63   | 2,3  | 7                        | 1,5  | 11,1        |
| Ixelles               | 165  | 6,1  | 24                       | 5,3  | 14,5        |
| Jette                 | 149  | 5,5  | 28                       | 6,2  | 18,8        |
| Koekelberg            | 21   | 0,8  | 7                        | 1,5  | 33,3        |
| Molenbeek-Saint-Jean  | 60   | 2,2  | 6                        | 1,3  | 10,0        |
| Saint-Gilles          | 37   | 1,4  | 6                        | 1,3  | 16,2        |
| Saint-Josse-ten-Noode | 11   | 0,4  | 2                        | 0,4  | 18,2        |
| Schaerbeek            | 180  | 6,6  | 29                       | 6,4  | 16,1        |
| Uccle                 | 363  | 13,4 | 57                       | 12,6 | 15,7        |
| Watermael-Boitsfort   | 153  | 5,6  | 30                       | 6,6  | 19,6        |
| Woluwe-Saint-Lambert  | 191  | 7,1  | 48                       | 10,6 | 25,1        |
| Woluwe-Saint-Pierre   | 233  | 8,6  | 38                       | 8,4  | 16,3        |
| Total RBC             | 2708   | 100  | 453                      | 100  | 16,7        |

TABLE E.1 – Analyse de la représentativité de la population de répondants par commune ; nombre d'installations détenues par des particuliers par commune (a), nombre de répondants par commune (b) et rapport entre les deux. Un rapport (b)/(a) élevé pour une commune indique que celle-ci est sous-représentée. 1 réponse a été exclue de l'analyse en raison de son impertinence. Source : (BRUGEL, 2017a).

| Année d'installation | Nombre d'installations <10 kW (RBC) | %     | Nombre de répondants | %     |
|----------------------|-------------------------------------|-------|----------------------|-------|
| 2006                 | 7                                   | 0,23  | 2                    | 0,46  |
| 2007                 | 25                                  | 0,82  | 8                    | 1,83  |
| 2008                 | 270                                 | 8,88  | 44                   | 10,07 |
| 2009                 | 1275                                | 41,91 | 110                  | 25,17 |
| 2010                 | 298                                 | 9,80  | 46                   | 10,53 |
| 2011                 | 283                                 | 9,30  | 36                   | 8,24  |
| 2012                 | 363                                 | 11,93 | 42                   | 9,61  |
| 2013                 | 332                                 | 10,91 | 42                   | 9,61  |
| 2014                 | 95                                  | 3,12  | 19                   | 4,35  |
| 2015                 | 94                                  | 3,09  | 20                   | 4,58  |
| 2016                 | n.d.                                | n.d.  | 28                   | 6,41  |
| 2017                 | n.d.                                | n.d.  | 31                   | 7,09  |
| 2018                 | n.d.                                | n.d.  | 9                    | 2,06  |
| Total                | 3042                                | 100   | 437                  | 100   |

TABLE E.2 – Analyse de la représentativité de la population de répondants par année d'installation. Les données relatives au nombre d'installations mises en place entre 2016 et 2018 sont indisponibles. Par ailleurs, 17 réponses ont été exclues de l'analyse en raison de leur impertinence. Source : BRUGEL (2017a)

## Annexe F

# Estimation de la validité des réponses portant sur la connaissance des prosumers de leur système PV

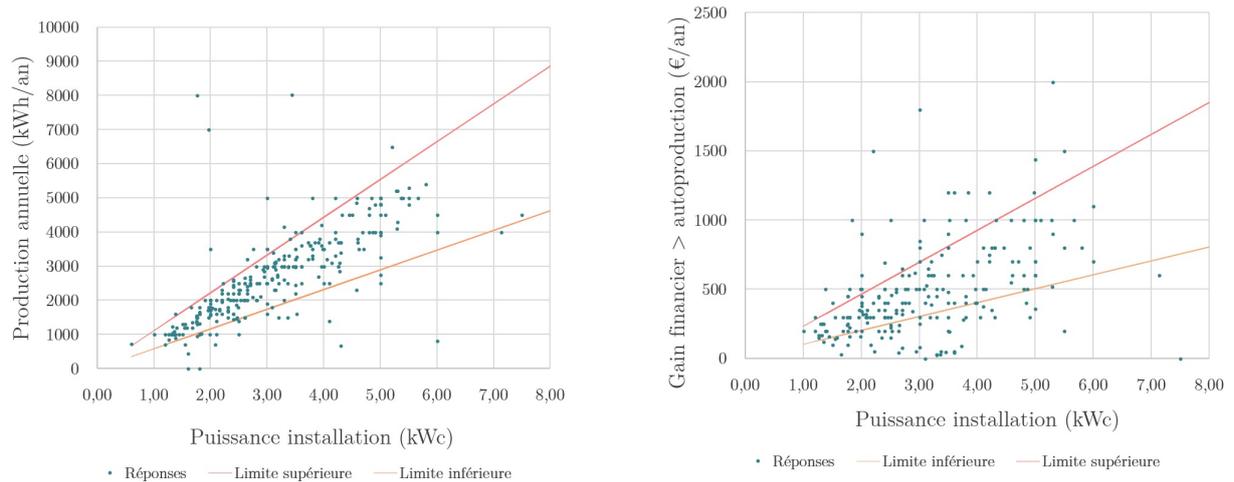


FIGURE F.1 – Corrélation entre la production annuelle et la puissance de l'installation d'une part, et le gain financier associé à l'autoproduction et la puissance de l'installation d'autre part, sur base des réponses fournies par les répondants et d'estimations.

# Annexe G

## Tests de Mann-Whitney et $\chi^2$

### G.1 Mann-Whitney - Histogrammes

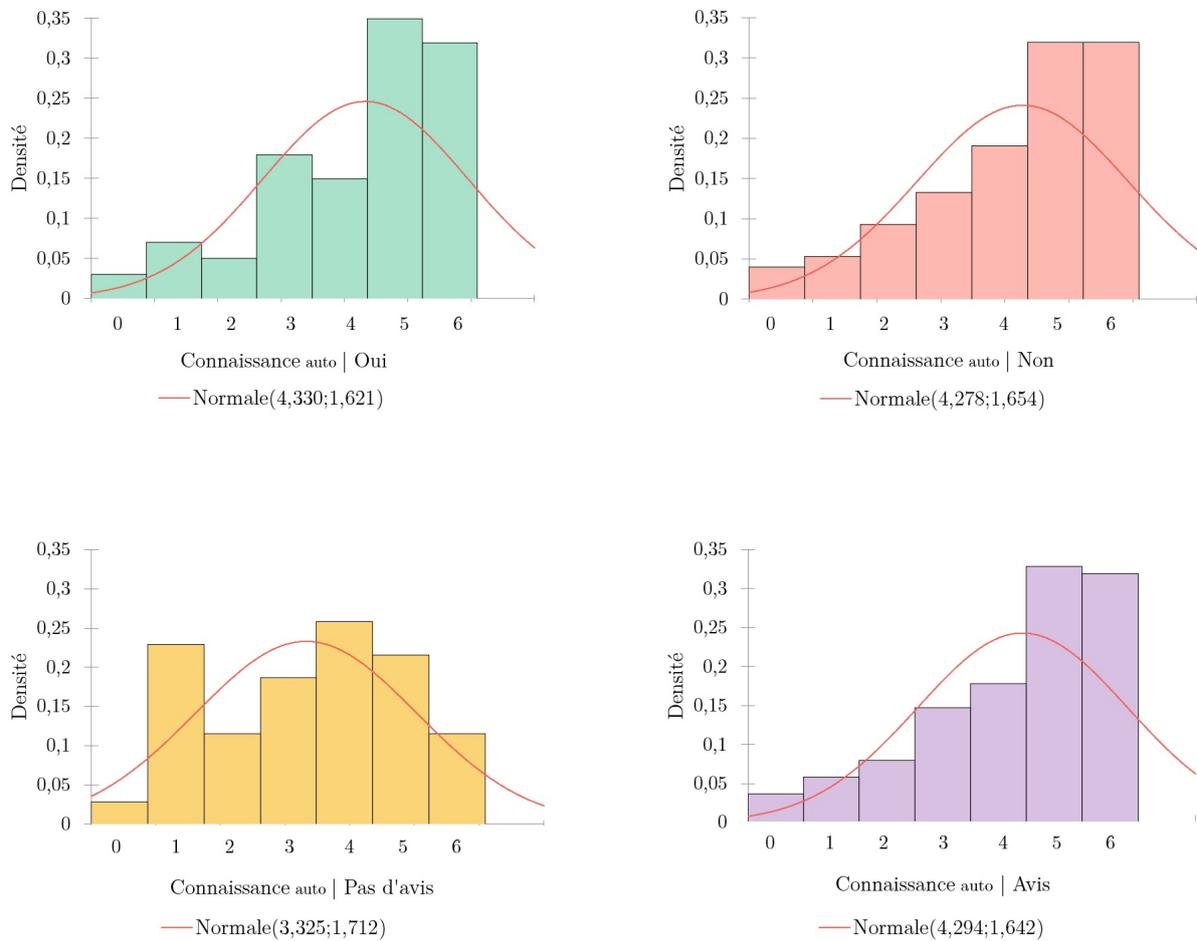


FIGURE G.1 – Distribution des échantillons déterminés par les modalités de la variable  $accord_{BRUGEL}$ , selon la variable  $connaissance_{auto}$ .

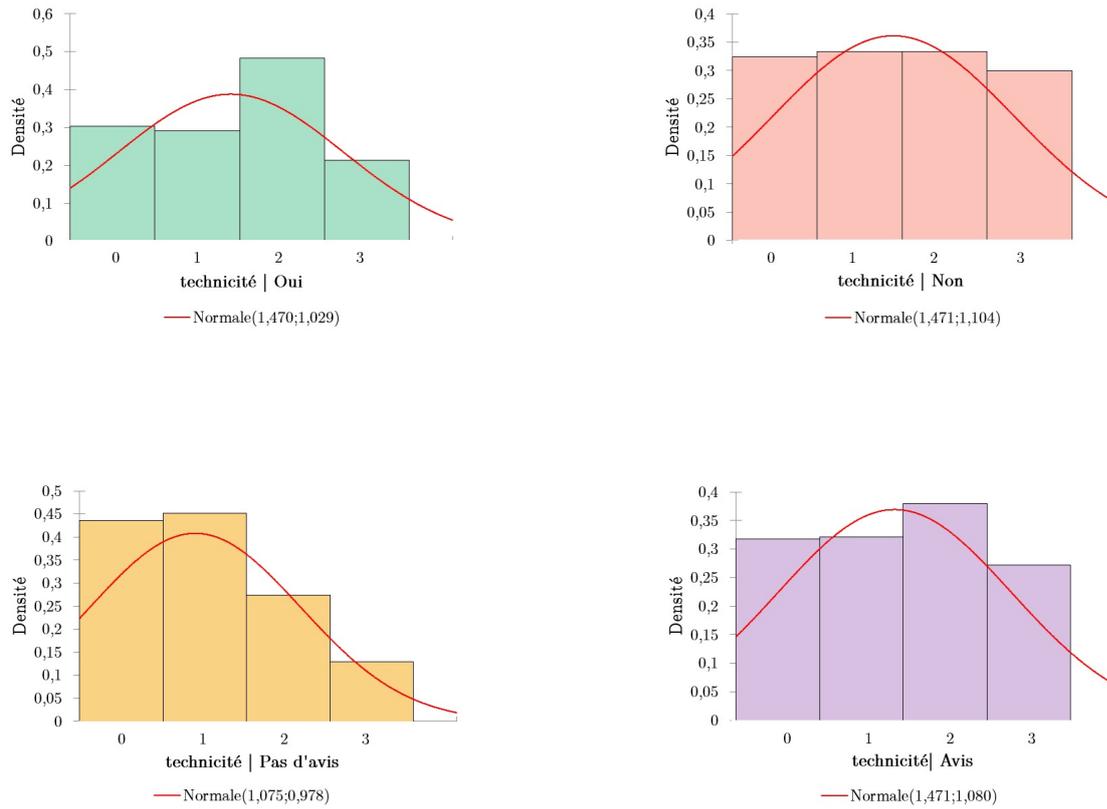


FIGURE G.2 – Distribution des échantillons déterminés par les modalités de la variable *accord<sub>BRUGEL</sub>*, selon la variable *technicité*.

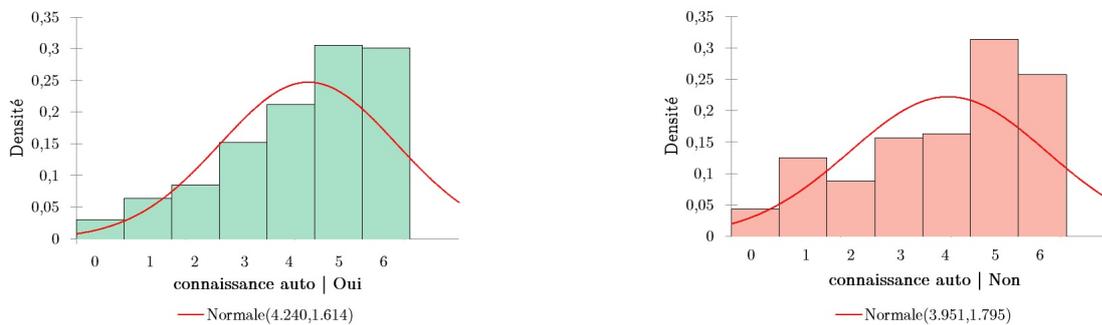


FIGURE G.3 – Distribution des échantillons déterminés par les modalités de la variable *investissement*, selon la variable *connaissance<sub>auto</sub>*.

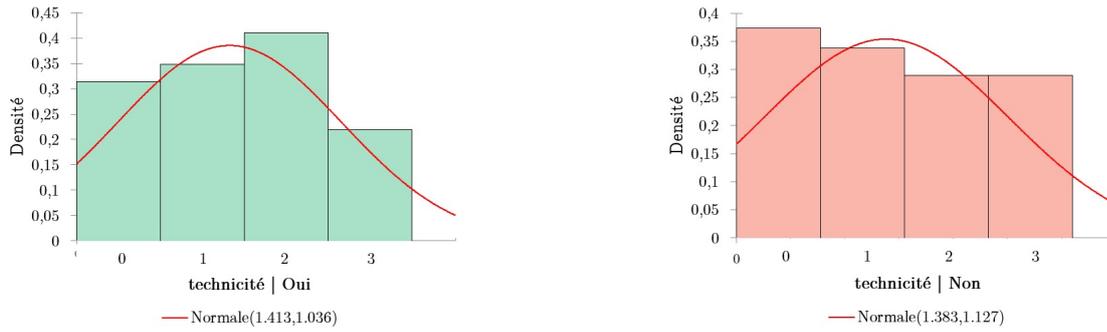


FIGURE G.4 – Distribution des échantillons déterminés par les modalités de la variable *investissement*, selon la variable *technicité*.

## G.2 $\chi^2$ - Tableaux de contingence

|                              | Non | Oui | Pas d'avis |
|------------------------------|-----|-----|------------|
| Réduction facture électrique | 182 | 79  | 53         |
| /                            | 77  | 36  | 27         |

|  | Non | Oui | Pas d'avis |
|--|-----|-----|------------|
| Action contre réchauffement climatique | 191 | 85  | 59         |
| /                                      | 68  | 30  | 21         |

|                         | Non | Oui | Pas d'avis |
|-------------------------|-----|-----|------------|
| Investissement rentable | 177 | 80  | 51         |
| /                       | 82  | 35  | 29         |

|                          | Non | Oui | Pas d'avis |
|--------------------------|-----|-----|------------|
| Ajout +value au logement | 57  | 32  | 15         |
| /                        | 202 | 83  | 65         |

|         | Non | Oui | Pas d'avis |
|---------|-----|-----|------------|
| Conseil | 13  | 8   | 4          |
| /       | 246 | 107 | 76         |

TABLE G.1 – Tableaux de contingence croisant les différentes modalités de  $raison_{invest}$  (lignes) avec la variable  $accord_{BRUGEL}$  (colonnes).

|                              | Non | Oui |
|------------------------------|-----|-----|
| Réduction facture électrique | 128 | 186 |
| /                            | 55  | 85  |

|  | Non | Oui |
|--|-----|-----|
| Action contre réchauffement climatique | 124 | 211 |
| /                                      | 59  | 60  |

|                         | Non | Oui |
|-------------------------|-----|-----|
| Investissement rentable | 123 | 185 |
| /                       | 60  | 86  |

|                          | Non | Oui |
|--------------------------|-----|-----|
| Ajout +value au logement | 36  | 68  |
| /                        | 147 | 203 |

|         | Non | Oui |
|---------|-----|-----|
| Conseil | 12  | 13  |
| /       | 171 | 258 |

TABLE G.2 – Tableaux de contingence croisant les différentes modalités de  $raison_{invest}$  (lignes) avec la variable  $investissement$  (colonnes).

|                                | Non | Oui |
|--------------------------------|-----|-----|
| $changement_{habitudes}$ [Oui] | 100 | 123 |
| $changement_{habitudes}$ [Non] | 145 | 86  |

|                                  | Non | Oui |
|----------------------------------|-----|-----|
| $disposition_{changement}$ [Oui] | 63  | 127 |
| $disposition_{changement}$ [Non] | 182 | 82  |

TABLE G.3 – Tableaux de contingence croisant les différentes modalités de  $changement_{habitudes}$  et  $disposition_{changement}$  (lignes) avec la variable  $conscience_{fincomp}$  (colonnes).