Master en Sciences et Gestion de l'Environnement

« Identification des freins et leviers à l'adoption des installations solaires photovoltaïques, en lien avec la distribution spatiale du parc en région wallonne et région Bruxelles-Capitale »

Présenté par

BARAS, Dylan

Dans le cadre du Mémoire de Fin d'Etude, en vue de l'obtention du grade académique de Master en Gestion de l'Environnement (ENVI5G-T).

Promoteurs :
Pr. HUART, Michel
Dr. WOLFF, Eléonore

Année académique 2014-2015

En préambule, je voudrais tout d'abord exprimer ma gratitude envers mes deux promoteurs, Mme Wolff et M. Huart, pour leur disponibilité et leur encadrement tout au long de ce mémoire. Merci aussi à Gregory Neubourg de l'APERe pour ses conseils avisés.

Merci aux chercheurs de l'IGEAT pour leur assistance à diverses parties pratiques de cette étude : Moritz Lennert, Pablo Medina Lockhart mais surtout Isaline Wertz dont l'aide aura été très précieuse, notamment pour la recherche de données et les analyses statistiques.

Merci aux organismes ayant mis à disposition les données plus confidentielles, et plus particulièrement à Régis Lambert de BRUGEL et à Ilan Wauters et Samuel De Surgeres de l'IBGE.

Merci à l'ensemble des personnes que j'ai pu interviewer afin d'enrichir mes réflexions, que ce soit les différents chefs d'entreprise ou David Germani, lors de l'entretien réalisé à Louvain-la-Neuve.

Un grand merci à ma famille et mes amis pour leur soutien. Merci surtout à ma mère et à ma sœur pour leurs relectures approfondies.

Je clos cet avant-propos en remerciant toutes les personnes ayant aidé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Résumé

La technologie solaire photovoltaïque (PV) s'est positionnée, cette dernière décennie comme l'une des options les plus prometteuses identifiées jusqu'ici pour répondre à une consommation mondiale en électricité qui ne cesse de croître. Actuellement, un fort contraste subsiste entre un marché PV mondial en pleine croissance et une Union Européenne (UE) qui peine à encore développer ce secteur. La Belgique n'échappe d'ailleurs pas à cette récession et présente une part de nouvelles installations très pauvre pour l'année 2014. Pourtant, les chiffres attestent d'une bonne implantation de la filière dans le pays, avec une puissance cumulée de 3,1 GWc fin 2014, soit 0,28 kWc par habitant. Cette puissance s'est surtout installée entre 2009 et 2012, avec un pic en 2011 (APERe, 2015), ce qui coïncide avec l'évolution des mécanismes de soutien dans le pays.

Dans ce contexte, en confrontant la cartographie réalisée du parc PV belge (PARTIE I) avec le caractère socio-économique de la demande, étudiée à travers une analyse statistique pour les particuliers (PARTIE II) et des entretiens semi-directifs pour les entreprises (PARTIE III), les principaux freins et leviers à l'adoption de la technologie ont pu être mis en évidence pour la région wallonne (RW) et la région Bruxelles-Capitale (RBC). Chaque méthode concède toutefois certaines limites, comme les pertes de données pour la cartographie, la sélection subjective d'indicateurs socio-économiques de l'analyse statistique ou encore le manque de représentativité des entretiens.

En termes de résultats, la RW a vu son parc se développer essentiellement grâce aux ménages (89% de la puissance installée), ayant été influencés par des facteurs comme le revenu, le phénomène de bouche-à-oreille, l'image de la technologie PV donnée dans la presse ou encore les dynamiques locales propres à chaque commune. En puissance per capita, ce sont surtout les provinces de Liège et du Luxembourg qui sont les mieux représentées. En RBC, les particuliers ne couvrent au contraire que 16% du parc PV de la région, et ils préfèrent la périphérie au centre-ville. Quelques critères socio-économiques comme la densité de population, le revenu ou le régime de propriété semblent avoir une influence sur cette distribution mais l'analyse statistique n'explique que 23,6% de la variabilité de la puissance et elle gagnerait probablement en qualité avec un indicateur plus précis pour les mécanismes de soutien. Concernant les entreprises ayant recours au PV, elles se concentrent surtout dans les communes les plus urbanisées de Wallonie et dans les secteurs industriels de Bruxelles. L'adoption est déterminée par des critères objectifs d'une part (disponibilité des infrastructures, besoins en électricité, …) et subjectifs d'autre part (motivations économiques et/ou environnementales). Le degré de satisfaction vis-à-vis de l'installation dépend ensuite de facteurs comme la qualité de l'installation ou encore la perception des mécanismes de soutien.

Avec la réduction des aides et le débat sur la redevance réseau prévue pour 2017, la filière PV belge accuse donc un coup d'arrêt important, ce qui traduit une réelle perte de confiance du public. Pour y remédier, plusieurs pistes devraient être envisagées :

- Laisser sa chance au programme QUALIWATT en RW, qui pourrait s'accompagner de chartes et labels plus contraignants pour assurer une plus grande qualité d'installation.
- Rendre les démarches liées aux mécanismes de soutien, plus accessibles en allégeant la charge administrative, surtout pour les certificats verts.
- Promouvoir les dynamiques locales comme POLLEC, le championnat des énergies renouvelables, les achats groupés et les salons comme Batibouw, Energie+, …
- S'inspirer de l'étranger et surtout du modèle américain de propriété par un tiers, qui semble plus abordable pour les classes de revenu plus faible.

Toutes ces recommandations devraient donc être explorées afin de relancer un secteur PV en déclin, qui conserve cependant un potentiel très intéressant pour la transition énergétique de la Belgique.

Table des matières

Résumé **3**

Introduction **8**

Revue de la littérature **9**

1. Quelques notions de base sur l'énergie solaire 9
   1.1. La source d'énergie 9
   1.2. La technologie 9
   1.3. Unités de l'électricité 14
2. Forces et faiblesses de la technologie photovoltaïque 15
3. Contexte solaire PV : Tendances de marché 17
   3.1. Le monde 17
   3.2. L'Union Européenne 21
4. Le cas de la Belgique 22
   4.1. Mécanismes de soutien 22
   4.2. Chronologie du développement PV belge en lien avec les mécanismes de soutien 25

Problématique et cadre d'analyse **31**

1. Problématique et questions de recherche 31
2. Cadre d'analyse 32

PARTIE I : Etude de la distribution spatiale du parc photovoltaïque bruxellois et wallon **34**

1. Introduction 34
2. Méthodologie 34
   2.1. Données utilisées 34
   2.2. Méthode 34
3. Résultats et analyses 38
   3.1. Région wallonne 38
   3.2. Région Bruxelles-Capitale 48
4. Limites 56
   4.1. Précision dans la démarche 56
   4.2. Exhaustivité des données 56
   4.3. Critique des indicateurs 57
5. Conclusion 57

PARTIE II : Etude quantitative pour les particuliers en région bruxelloise **58**

1. Introduction 58
2. Méthodologie 58

3. Sélection des indicateurs 59
3.1. Revue de la littérature 59
3.2. Données utilisées 60
3.3. Cartographie d'indicateurs-clés 62
4. Résultats et analyses 66
4.1. Analyse en Composantes Principales 66
4.2. Régression multiple 69
5. Limites 73
5.1. Subjectivité des choix méthodologiques 73
5.2. Exhaustivité et précision des données 73
5.3. Choix et disponibilité des indicateurs 74
6. Discussion et conclusion 75
PARTIE III : Etude des entreprises en région bruxelloise et région wallonne ..76
1. Introduction 76
2. Méthodologie 76
3. Profils des entreprises 78
4. Discussion 83
4.1. Quelles entreprises installent du PV en Belgique et pour quelles raisons ? 83
4.2. Distinction ville-campagne 84
4.3. Perception des mécanismes de soutien 85
4.4. Le rôle majeur des installateurs dans le système 85
4.5. Les moyens de diffusion de la technologie pour les entreprises 86
5. Limites 86
6. Conclusion 87
Conclusion du mémoire.....88
1. Apports et limites de l'étude 88
2. Perspectives 90
Bibliographie.....91
Annexes 100
1. ANNEXE : L'effet PV 100
2. ANNEXE : Evolution de la part des installations connectées au réseau par région de 2000 à 2012 100
3. ANNEXE : Les flux financiers du modèle TPO (Third-Party Ownership) 101
4. ANNEXE : Cartographie des primes PV en RBC (montants accordés par individu) (IBGE, 2014) 101
5. ANNEXE : Matrice de corrélation de l'ACP à 20 variables 102
6. ANNEXE : Cercle de corrélation entre F1 et F3 dans l'ACP à 17 variables 103
7. ANNEXE : Retranscription des entretiens 103

Table des figures, tableaux et abréviations

Table des figures

Figure 1 : Installation en toiture plate chez Carlier Bois (photo personnelle) 10
Figure 2 : Système en surimposition (Defielec, 2014) 11
Figure 3 : Système en intégration (Defielec, 2014) 11
Figure 4 : Nouveau bâtiment de l'BGE (De Crayencours, 2014) 11
Figure 5 : Suiveur solaire de MG Energy, à Chastrès en RW (photo personnelle) 12
Figure 6: Marché photovoltaïque global en 2012 (IEA, 2013, p12) 18
Figure 7 : Evolution de la puissance PV installée en Belgique, détaillé par région (APERe, 2015) 29
Figure 8 : Dynamique du système des CV et influence sur les factures (Kunsch, 2015) 30
Figure 9: Carte de puissance PV des particuliers en RW (symboles proportionnels) 43
Figure 10 : Carte de puissance PV per capita des particuliers en RW (par plages) 44
Figure 11 : Carte de puissance PV des entreprises en RW (symboles proportionnels) 45
Figure 12 : Carte de puissance PV des entreprises ramenée à la surface de zones industrielles et commerciales en RW (par plages) 46
Figure 13 : Carte de répartition de la puissance PV entre particuliers et entreprises en RW (diagrammes en camemberts proportionnels) 47
Figure 14 : Communes en RBC (Anonyme, 2005) 48
Figure 15 : Carte des zones I&C en Région bruxelloise 49
Figure 16: Carte de puissance PV des particuliers en RBC (symboles proportionnels) 51
Figure 17 : Carte de puissance PV per capita des particuliers en RBC (par plages) 52
Figure 18 : Carte de puissance PV des entreprises en RBC (symboles proportionnels) 53
Figure 19 : Carte de puissance PV des entreprises ramenée aux zones industrielles et commerciales en RBC (par plages) 54
Figure 20 : Carte de répartition de la puissance PV entre particuliers et entreprises en RBC (diagrammes en camemberts proportionnels) 55
Figure 21 : Carte du régime de propriété en RBC 63
Figure 22 : Carte de la nationalité en RBC 63
Figure 23 : Carte de la taille du logement en RBC 64
Figure 24 : Carte du jugement environnemental en RBC 64
Figure 25 : Carte de la densité de population en RBC 64
Figure 26 : Carte de la taille des ménages en RBC 64
Figure 27 : Carte du revenu moyen par déclaration en RBC 65
Figure 28 : Carte du niveau d'éducation en RBC 65
Figure 29 : Carte des votants écolo en RBC 65
Figure 30 : Carte de l'emploi scientifique en RBC 65
Figure 31 : Composantes principales et valeurs propres de l'ACP à 17 variables 67
Figure 32 : Cercle de corrélation pour F1 et F2 dans l'ACP à 17 variables. 68
Figure 33 : Cartographie des coordonnées de la composante F1 dans l'ACP à 17 variables 69
Figure 34: Graphe des coefficients normalisés pour la régression du modèle adapté 72
Figure 35 : Entreprise "Cycle Devos" (photo personnelle) 78

Figure 36 : Ferme à Yves-Gomezée (photo personnelle) 79
Figure 37 : Entreprise de carrelage Van Den Brande (photo personnelle) 79
Figure 38 : Ferme de Maisoncelle à Walcourt (photo personnelle)..... 80
Figure 39: Jardinerie de l'Eau d'Heure (photo personnelle) 80
Figure 40: Ferme, rue de Walcourt, Gerpinnes (photo personnelle)..... 81
Figure 41 : Van Dyck Frères avec l'entreprise à gauche et l'installation PV à droite (photos personnelles) 82
Figure 42 : Carlier Bois avec l'entreprise à gauche et l'installation PV sur le toit à droite (photos personnelles) 82
Figure 43 : Bâtiment de MG Energy avec son suiveur solaire à droite (photos personnelles) 83

Tableaux

Tableau 1 : Types de systèmes PV (IEA, 2013) 10
Tableau 2: Evolution du top 10 des marchés PV dans le monde (Source : IEA - Trends, p13)..... 17
Tableau 3 : Evolution des mécanismes de soutien au PV en Belgique entre 2009 et 2015 (CWaPE, 2014b ; BRUGEL, 2014b ; EF4, s.d.d ; Energethique, s.d.a, s.d.b, s.d.c) 27
Tableau 4: Etapes méthodologiques du MFE, détaillées par région..... 33
Tableau 5 : Cartes du parc PV en RW et RBC réalisées 37
Tableau 6 : Tableau récapitulatif des indicateurs socio-économiques 62
Tableau 7 : Coefficients de détermination pour différents modèles soumis à la régression multiple . 71
Tableau 8 : Coefficients normalisés de la régression du modèle adapté..... 72
Tableau 9 : Caractéristiques des PME (Commission Européenne, 2014) 76
Tableau 10 : Récapitulatif des entretiens en RW et RBC. 77

Liste d'abréviations :

CV = Certificat(s) vert(s).

ER = Energie(s) renouvelable(s).

PME = Petite(s) et Moyenne(s) Entreprise(s)

PV = Photovoltaïque.

RBC = Région Bruxelles-Capitale.

RF = Région flamande.

RW = Région wallonne.

SER = Source(s) d'énergie renouvelable.

TPE = Très Petite(s) Entreprise(s)

UE = Union Européenne.

Zones I&C = Zones industrielles et commerciales (voir Etude de la distribution spatiale).

Introduction

L'énergie solaire présente un potentiel immense dans la perspective de transition énergétique vers une plus grande part d'énergies renouvelables (ER). Pour cause, cette source d'énergie renouvelable (SER) fournit chaque jour 10000 fois l'énergie nécessaire pour subvenir aux besoins de toute la population mondiale (El Chaar et al., 2011), se déclinant aussi en énergie éolienne, hydraulique et en biomasse (Connaissances des énergies, 2013). Avec les objectifs fixés par le paquet Energie-Climat, incluant une part de 20% d'ER dans la consommation énergétique de l'Union Européenne (UE) d'ici 2020 (SPF Economie, 2013a), pas étonnant que la technologie solaire photovoltaïque (PV) ait été largement plébiscitée pour la production d'électricité, d'autant qu'elle permet au moins partiellement de se défaire d'une énergie nucléaire très controversée.

Il en a résulté un développement assez conséquent de la filière PV en UE, atteignant un total de 86,7 GWc de puissance installée fin 2014. Dans ce contexte, la Belgique a également voulu saisir l'opportunité de s'épanouir dans ce secteur. En effet, stimulé par des mécanismes de soutien à la fois à l'échelle fédérale, régionale et locale, le parc PV belge a connu une croissance remarquable à partir de 2008. En 2013, le pays présentait même le pourcentage de ménages équipés le plus élevé du monde, à raison d'un ménage sur treize disposant d'une installation (Renouvelle, 2014a). Plus récemment, alors que le marché PV mondial conserve une forte tendance à la hausse, l'UE connaît au contraire un fort ralentissement dans sa croissance, et cette récession se ressent également en Belgique avec une part de nouvelles installations très pauvre pour l'année 2014 (SmartGuide, 2014). Malgré tout, le pays accède à 3,1 GWc de puissance cumulée fin 2014, soit 0,28 kWc par habitant (APERe, 2015). Cette forte croissance suivie d'un coup d'arrêt important semble coïncider avec l'évolution des mécanismes de soutien dans le pays. Cependant, la question d'autres paramètres socio-économiques qui auraient facilité le recours à cette technologie subsiste, tout comme la manière dont ces installations se répartissent sur le territoire.

Dans ce contexte a émergé la nécessité d'identifier les freins et leviers qui ont influé sur l'adoption de la technologie PV chez les particuliers et dans les entreprises. Méthodologiquement, une revue de la littérature permet avant tout de développer plus amplement le contexte de l'étude et d'amener la problématique et le cadre d'analyse. Ce mémoire se décline ensuite en 3 parties principales. Tout d'abord, la PARTIE I se consacre à la cartographie de la puissance installée en région Bruxelles-Capitale (RBC) et en région wallonne (RW), dans l'idée de mieux comprendre le parc PV tel qu'il est aujourd'hui. Sur cette base, les parties suivantes vont tenter de discerner comment le parc en est arrivé là et ce, pour les deux types d'acteur. Pour ce faire, la PARTIE II traite toute une série d'indicateurs socio-économiques pour les ménages bruxellois, qui sont mis en lien avec la puissance PV installée en RBC, dans le cadre d'une analyse statistique. Le but est dans ce cas-ci de mieux saisir le caractère socio-économique de la demande et d'évaluer l'influence de critères comme le revenu, l'éducation, le secteur d'activité, le régime de propriété ou encore les primes reçues pour rénover son habitation (ces dernières illustrant l'influence des mécanismes de soutien). Finalement, la PARTIE III considère le cas des entreprises, via une analyse qualitative sous forme d'entretiens semi-directifs. Cette approche met en avant les motivations des entreprises wallonnes et bruxelloises justifiant le recours à des panneaux PV, et les principales barrières auxquelles elles ont été confrontées avant et après l'adoption de leur installation. A noter que les limites propres aux différentes méthodes (cartographie, analyse statistique et entretiens semi-directifs, respectivement) ont été présentées en fin de chaque partie. En termes de perspectives, la démarche dans son ensemble doit ainsi aboutir à une série de recommandations à explorer pour redynamiser une filière PV qui est désormais en déclin dans les deux régions étudiées.

Revue de la littérature

1. Quelques notions de base sur l'énergie solaire

1.1. La source d'énergie

L'énergie solaire est sans aucun doute la source d'énergie la plus importante sur Terre. Non seulement elle est à l'origine du cycle de l'eau, du vent et de la photosynthèse, mais elle est aussi fondamentale pour toutes les formes de production énergétique aujourd'hui utilisées sur Terre (le solaire mais aussi l'éolien, l'hydraulique, la biomasse, …) excepté pour l'énergie nucléaire, la géothermie et l'énergie marémotrice (Connaissances des énergies, 2013). Récemment, cette source d'énergie renouvelable a même fait ses preuves dans le domaine des transports, avec l'avion Solar Impulse 2 capable de « voler jour et nuit grâce à l'énergie solaire sans une goutte de carburant » (SolarImpulse, 2015). « Par extension, l'expression « énergie solaire » est souvent employée pour désigner l'énergie thermique ou l'électricité obtenue à partir de la source d'énergie primaire qu'est le rayonnement solaire » (Connaissances des énergies, 2013). C'est donc bien sur cette deuxième source d'énergie finale, l'électricité photovoltaïque (PV), que se focalisera cette étude. A noter qu'en Belgique, l'énergie solaire moyenne annuelle captée sur une surface horizontale est de l'ordre de 1000 kWh/m², avec une répartition inégale au fil de l'année (APERe, s.d.b).

1.2. La technologie

1.2.1. Le matériau de base : les semi-conducteurs

A l'heure actuelle, l'électricité PV reste l'une des options les plus prometteuses identifiées jusqu'ici pour répondre à une consommation mondiale en électricité qui ne cesse de croître. Le principe même du photovoltaïque renvoie à une conversion directe de la lumière en électricité, grâce à de fines couches de matériaux appelés « semi-conducteurs », dont les propriétés se trouvent à mi-chemin entre celles des métaux et des isolants (Green, 2000). Par définition, « la conductivité électrique des solides est une propriété qui est due à la capacité d'électrons libres de se déplacer dans le milieu et de générer ainsi un courant électrique ; le courant électrique étant un simple écoulement de ce fluide d'électrons libres » (Bok, 2015). Les semi-conducteurs sont donc des isolants qui deviennent conducteurs une fois soumis à une plus haute température, qui peut être initiée par une exposition solaire (on parle alors « d'effet photovoltaïque » ; plus de détails en ANNEXE 1, p100), et plus particulièrement si ces matériaux contiennent des impuretés, des défauts ou autres.

Outre le germanium (Ge) et le sélénium (Se) (Bok, 2015), le silicium est le semi-conducteur le plus couramment utilisé. Déjà dans la deuxième moitié du 20ème siècle et grâce à la découverte de l'effet PV par Alexandre Edmond Becquerel en 1839 (Connaissances des énergies, 2015), les premières cellules PV composées de silicium faisaient leur apparition pour générer de petites quantités d'électricité dans des zones isolées dépourvues de sources d'électricité conventionnelles. Mais il faut attendre le 21ème siècle pour que cette technologie arrive réellement à maturité (Green, 2000). Actuellement, les semi-conducteurs sont devenus incontournables, étant à la base de tous les composants électroniques et optoélectroniques s'intégrant dans les dispositifs informatiques, de télécommunication, de télévision, dans le secteur automobile, les appareils électroménagers, etc. C'est pourquoi certains parlent d'une « ère du silicium » (Bok, 2015).

1.2.2. La technologie existante : les panneaux solaires photovoltaïques

Pour en revenir au PV plus spécifiquement, ce qu'on appelle les cellules PV sont les composantes les plus petites des appareils produisant de l'électricité à partir d'énergie lumineuse (IEA, 2013). Comme vu précédemment, l'effet PV permet à ces cellules constituées du semi-conducteur de silicium, de convertir directement l'énergie lumineuse des photons en électricité. Il faut distinguer 3 types de cellules en silicium : les cellules monocristallines, qui représentent à peu près 80% du marché (El Chaar et al., 2011) car elles constituaient la première technologie à être installée début des années 1990 (Cuchiella et al., 2015), les cellules polycristallines et les cellules amorphes. Le silicium est surtout choisi pour son très bon rendement, qui oscille entre 12 et 21% pour les deux premiers types et se place autour des 7% pour les cellules amorphes (APERe, s.d.a).

Ensuite, les modules PV constituent un ensemble de cellules connectées entre elles, celles-ci se retrouvant coincées entre un matériau de fond, souvent du plastique ou du verre, et une face avant transparente généralement en verre. Un certain nombre de modules connectés en série ou couplés pour produire en output l'énergie électrique formeront les panneaux PV (IEA, 2013). Selon les applications, le système PV inclut aussi un ensemble d'éléments pour la conversion de l'électricité (onduleur), la protection ou le contrôle des différents éléments (régulateurs et adaptateurs de charge), le comptage de l'électricité produite (compteur électrique) et, dans les cas des applications isolées, le stockage de l'énergie (batteries) (APERe, s.d.a). Il est justement essentiel de distinguer deux types de systèmes PV :

Les systèmes PV connectés au réseau	Les systèmes PV hors-réseau
Un onduleur doit être utilisé pour faire passer l'électricité d'un courant continu (DC), tel qu'il est produit par les panneaux, à un courant alternatif (AC), qui est ainsi fourni au réseau électrique.	Pour ceux-ci, une batterie de stockage est nécessaire pour procurer de l'énergie pendant les périodes de faible illumination. Un contrôleur de charge doit aussi être utilisé pour maintenir cette batterie à un taux de charge le plus élevé possible.

Tableau 1 : Types de systèmes PV (IEA, 2013)

L'orientation et l'inclinaison des panneaux se révèlent comme des paramètres essentiels sur le plan du rendement. Les modules doivent être orientés entre l'est et l'ouest en évitant soigneusement les ombrages, idéalement avec une orientation plein sud et une inclinaison de 35°. « En Belgique, un système de 1kWc exposé plein sud à 35° d'inclinaison, produit environ 950 kWh par an » (APERe, s.d.a). A noter que la ventilation des panneaux est aussi un aspect à prendre en considération, celle-ci étant meilleure sur toit plat ou au sol que sur toiture inclinée (Guide Panneaux Photovoltaïques, 2015).

1.2.3. Les différents types d'implantation

La technologie PV fait évidemment l'objet de beaucoup de recherches, au niveau des cellules PV mais aussi dans la manière d'installer les panneaux. Cela aboutit à des formes d'implantations toujours plus innovantes, présentant néanmoins des rendements variables.

Figure 1 : Installation en toiture plate chez Carlier Bois (photo personnelle)

- ***Installations en toitures plates***

Dans ce genre de cas, il est recommandé d'utiliser des structures portantes, souvent métalliques, afin d'orienter et d'incliner au mieux les panneaux. Ceci offre une certaine flexibilité d'inclinaison, contrairement à des panneaux placés sur des toits inclinés (IBGE, 2010). Pour ces systèmes à inclinaison variable, qui peuvent aussi être

mis en place au sol, il est possible par exemple de choisir une inclinaison pour l'été et une pour l'hiver, ou même de la changer tous les mois pour maximiser la production d'électricité (EF4, s.d.b). En contrepartie, il peut y avoir des problèmes en termes de stabilité et de prise de vent (IBGE, 2010).

- ***Installations en toitures inclinées***

Ces systèmes se présentent typiquement sous la forme de panneaux en position fixe toute l'année, en termes d'azimut et d'inclinaison. Plus on s'écarte de la position optimale (orientation plein sud avec inclinaison de 35°), plus faible sera le rendement (EF4, s.d.b). Après un contrôle de l'état de la toiture en tuiles ou en ardoises, il y a deux possibilités d'installation :

- La surimposition, où les panneaux se superposent à la toiture existante.
- L'intégration (plus rare), qui implique l'enlèvement ou la modification de certaines couches et son remplacement par des modules. Cette technique s'applique plutôt en situation de rénovation ou de nouvelles constructions, pour coïncider avec la durée de vie des panneaux qui est souvent estimée à 25 ans minimum.

Figure 2 : Système en surimposition (Defielec, 2014)

Figure 3 : Système en intégration (Defielec, 2014)

Bien que plus esthétiques, ces solutions sont aussi plus onéreuses, parfois plus difficiles à mettre en œuvre et beaucoup plus dépendantes de la toiture (IBGE, 2010).

- ***Installations en façades***

Il est également envisageable, à nouveau dans le cadre de nouvelles constructions ou de projets de rénovation, d'utiliser les panneaux PV comme éléments constitutifs du bâtiment. Des solutions très diverses existent déjà : des murs-rideaux en façade, des garde-fous, des façades en modules semi-transparents, etc. (IBGE, 2010). Le nouveau bâtiment passif de l'IBGE est un exemple en la matière, avec sa structure bombée noire couverte de modules PV (Tour&Taxis, 2014).

Figure 4 : Nouveau bâtiment de l'BGE (De Crayencours, 2014)

Cette technique, assez rigide, permet de couvrir plus de surface que sur un toit et apporte un certain intérêt esthétique et architectural. Mais c'est sans compter les pertes de rendement liées à de mauvais angles d'incidence et aux risques d'ombrage accrus (Guide Panneaux Photovoltaïques, 2015).

- ***Installations au sol et suiveurs solaires***

Au sol, outre la possibilité d'installer des panneaux sur structure portante comme sur les toits plats, une option fréquemment approchée est celle des suiveurs solaires. L'objectif du système de panneaux mobiles est de pouvoir suivre le soleil tout au long de la journée et ce, en jouant sur le

Figure 5 : Suiveur solaire de MG Energy, à Chastrès en RW (photo personnelle)

degré d'inclinaison d'une part et sur l'orientation d'autre part. « Si un système fixe situé en RW produit en moyenne 900 kWh / kWC installé dans les meilleures conditions, un suiveur solaire permet de produire jusqu'à 1093 kWh / kWc, soit un gain d'environ 25% » (EF4, s.d.b). Il y a par contre plus de risque d'ombrage et un besoin d'une large superficie avec fondation ancrée au sol (Guide Panneaux Photovoltaïques, 2015).

1.2.4. Technologies prometteuses

La recherche en vient aussi à développer des technologies annexes (batteries, systèmes hybrides, …) et alternatives (solaire concentré, constituants organiques, …) dans une optique de rendement ou pour résoudre divers aspects pratiques. Ces quelques exemples montrent le potentiel de la filière solaire et sa marge de progression encore importante.

- ***Le solaire PV concentré***

La technologie de concentration solaire consiste à employer des miroirs pour concentrer les rayons du soleil sur une petite cellule solaire PV à haut rendement. Des systèmes optiques, moins coûteux, peuvent ainsi remplacer les matériaux semi-conducteurs des modules classiques. « A puissance égale, ceci permet d'utiliser 1000 fois moins de matériel PV que dans les panneaux à insolation directe » (Connaissances des énergies, 2015). Toutefois, avec un rendement expérimental atteignant pour le moment 46%, cette technologie mettra encore du temps avant de conquérir le marché (Connaissances des énergies, 2015).

- ***Les constituants organiques (« polymères »)***

Ces dernières décennies, même si les cellules PV classiques sont typiquement constituées de matériaux inorganiques, des efforts considérables ont été entrepris afin de développer des cellules solaires organiques (Hoppe & Sariciftci, 2004). Reposant également sur le principe d'effet PV, ces cellules, partiellement ou totalement faites de plastique, sont peu onéreuses, faciles à produire, et à manipuler (matériaux légers et souples) mais sont aussi biodégradables, ce qui en fait une technologie beaucoup plus propre. A nouveau, cette technique n'est pas encore arrivée à maturité, avec un record de rendement pour une cellule organique « simple » s'élevant actuellement à 11,1% (Mauguit, 2013) et une durée de vie faible (Connaissances des énergies, 2015).

- ***Les cellules hybrides : le mixte photovoltaïque / thermique***

Le panneau solaire hybride ou « capteur solaire mixte » vise une production conjointe d'électricité et de chaleur. Deux avantages majeurs résultent de ce système de cogénération : une augmentation de rendement des cellules PV en réduisant leur température, et une économie d'espace, combinant production électrique et thermique sur une même surface. Cela ne règle évidemment pas le problème d'intermittence de l'énergie solaire (arrêt d'alimentation la nuit), et il est encore nécessaire de stabiliser la température du système ce qui rend la production solaire thermique non-optimale (Ecosources, s.d.).

- ***Les batteries TESLA***

Lancées par le fabricant californien de véhicules électriques de luxe Tesla, ces batteries ont la particularité d'avoir été conçues pour stocker l'électricité fournie par des panneaux solaires ou par le

réseau électrique au moment où celui-ci fournit de l'électricité bon marché. L'entreprise affichant clairement des ambitions environnementales de réduction des émissions de gaz à effets de serre, le gros avantage de sa batterie sera son prix relativement « démocratique » de 3500$ dès sa mise sur le marché courant de cet été 2015 (Futura Environnement, 2015). Ces batteries TESLA représentent une grande opportunité pour la filière PV, et notamment pour les particuliers qui pourront stocker leur électricité PV en journée pendant qu'ils sont au travail, la consommer le soir en rentrant, laisser les batteries se recharger le lendemain, et ainsi de suite sans plus avoir recours au réseau. A terme, cela pourrait d'ailleurs poser problème pour les coûts fixes de ce réseau électrique (infrastructures, maintenance, …) qui ne seront en conséquence plus assumés par les particuliers (Germani, 2015). Cette innovation pourrait aussi constituer une grande avancée pour les personnes n'ayant pas accès au réseau électrique, comme c'est le cas dans beaucoup de pays en voie de développement (Futura Environnement, 2015). Ceux-ci pourraient compter sur des installations PV isolées stockant l'électricité dans des batteries TESLA, ce qui est souvent une option financièrement plus abordable que de devoir étendre le réseau (Munzhedzi & Sebitosi, 2009).

1.2.5. Quelle durée de vie et quel traitement en fin de vie pour ces installations ?

Les aspects de durée de vie des systèmes PV font souvent l'objet de certaines controverses. Il faut savoir que la plupart des fabricants de modules garantissent que ceux-ci fonctionneront toujours à 80% de leur puissance après une durée de vie de 20 à 25 ans. Avec des garanties aussi longues, le choix de fournisseurs qui s'inscrivent dans la durée est primordial. Pour ce qui est de la garantie mécanique, c'est-à-dire la résistance à la grêle, au transport, etc., elle porte sur des durées déjà plus courtes, généralement comprises entre 2 et 5 ans. Enfin, il en va encore autrement pour la durée de vie des autres composantes : 10-15 ans pour les onduleurs, 10 ans pour un éventuel parc de batteries, … Mais là encore, les progrès technologiques et la lutte contre l'obsolescence programmée promettent des améliorations significatives (EF4, s.d.e).

Une mise à jour récente de la directive européenne WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment) place les panneaux PV en fin de vie dans la catégorie des déchets électriques et électroniques (Cuchiella et al., 2015). Actuellement, les quantités de déchets liées aux infrastructures PV sont encore très faibles puisque la plupart des systèmes sont encore en service. Cependant, ce secteur va probablement représenter une part critique des flux de déchets dans les années à venir, au fur et à mesure que les panneaux arriveront en fin de vie. Par conséquent, il va s'avérer crucial d'anticiper la mise en place d'une filière de recyclage et de traitement de ces déchets (Choi & Fthenakis, 2010) pour éviter un maximum le recours à l'enfouissement (Cuchiella et al. 2015). C'est pourquoi certains des plus grands fabricants de panneaux solaires, représentant 75% des parts du marché européen, ont établi le « PV Cycle Program », afin de se mettre d'accord sur une stratégie de réutilisation et de recyclage (Choi & Fthenakis, 2010).

Cuchiella et al. avance même que la gestion de ce genre de déchets devient réellement urgente. Il a en effet été estimé que depuis début 2015, environ 50000 tonnes de déchets issus de la filière PV ont été générés à travers le monde. De plus, le traitement en fin de vie des nouvelles filières vues précédemment, telles que les cellules PV organiques ou les batteries TESLA, ne devra pas non plus être négligé. Sur le plan environnemental, ces déchets représentent en fait une source potentielle de pollution au vu de certains matériaux dangereux comme le plomb, le cadmium ou encore le chrome, pouvant poser des problèmes en termes de toxicité humaine. Une filière de traitement en fin de vie permettrait déjà d'éviter cela, mais aussi de maximiser la réutilisation de matériaux et de minimiser les besoins énergétiques, réduisant par la même occasion les émissions de CO_2 liées aux panneaux. Reste le problème de la technologie dominante, à savoir les cellules au silicium, qui est difficilement valorisable et dont le coût de recyclage est actuellement plus élevé que celui de l'enfouissement. Par contre, les panneaux à couche mince garantissent des profits plus élevés grâce à certains composants à haute valeur ajoutée.

Vu les volumes de déchets actuellement en circulation et les tendances à venir, une filière de recyclage intégralement spécialisée dans les déchets du secteur PV ne pourrait en réalité être intéressante financièrement qu'à partir de 2028. Donc, concrètement, une alternative envisageable à court et moyen terme serait la construction de centres de recyclages « multi-produits » capables de traiter une grande variété de ces déchets électriques et électroniques, incluant les modules PV usagés. « Cette solution pourrait supporter le traitement d'un nombre réduit de panneaux PV en fin de vie, répondant ainsi aux besoins actuels du marché » (Cuchiella et al., 2015, p. 560). Selon Gilles Magis, installateur PV en région wallonne, de plus en plus de centres de tri se mettent en place en Belgique et surtout en région flamande (RF). Mais l'Allemagne reste la plus avancée dans le domaine (Magis, 2015).

1.3. Unités de l'électricité

Pour la suite du mémoire, il convient d'apporter quelques précisions sur les unités de mesure de l'énergie finale qui nous intéresse, à savoir l'électricité :

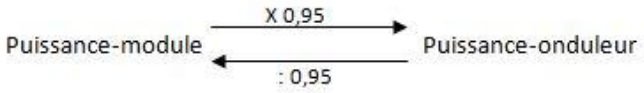
- Le Watt (symbole : W) est la puissance d'un système énergétique dans lequel est transféré uniformément une énergie de 1 joule pendant 1 seconde. Par exemple, la puissance électrique d'une ampoule classique s'approche des 60 Watts. Comme c'est une petite unité, on parlera plus souvent en kilowatts (kW).
- Le kilowattheure (symbole : kWh) est une mesure de l'énergie consommée par un appareil d'une puissance d'1 kilowatt (1000W) qui a fonctionné pendant une heure. 1 Wattheure vaut donc 3600 joules. Pour revenir à l'exemple précédent, la même ampoule de 60W consommera 60 Wh si elle fonctionne pendant 1 heure, et 60 kWh si elle fonctionne pendant 1000 heures.
- Pour les systèmes PV plus spécifiquement, on parlera souvent en kilowatts crête (symbole : kWc). « La puissance crête correspond à la puissance délivrée par le système PV dans des conditions naturelles d'ensoleillement (1000 W/m²), de température (25°C) et de standardisation du spectre de lumière (1,5 AM). Pour la Wallonie, la puissance crête correspond plus ou moins à la notion de puissance maximale » (GuidER, 2014). Par exemple, une puissance électrique de 200 W sera générée par un module de 200 Wc si celui-ci est placé sous un ensoleillement de 1000 W/m².
- La puissance électrique apparente s'exprime en kilovolts-ampères (symbole : kVA). Pour les installations PV, elle représente la puissance maximale à la sortie de l'onduleur.
  (GuidER, 2014 ; EF4, s.d.c).

Dans les bases de données obtenues pour les installations PV, les unités en question ne coïncidaient pas toujours. En effet :

- En région Bruxelles-Capitale (RBC), la base de données BRUGEL donne une puissance en kWc pour les particuliers et pour les entreprises. Il s'agit d'une puissance exprimée à la sortie des modules, avant de passer par les onduleurs (BRUGEL, 2014).
- En région wallonne (RW), la CWaPE fournit des données en ligne exprimées en kVA pour les installations de moins de 10 kW (particuliers), et en kW pour les installations de plus de 10 kW (entreprises). La puissance PV pour les particuliers est donc mesurée à la sortie de l'onduleur, tandis que pour les entreprises, cela peut être assimilé à une puissance-module (CWaPE, 2014).

Par conséquent, il est préférable d'utiliser la même unité partout, ne serait-ce que pour faciliter d'éventuelles comparaisons entre régions, mais surtout pour comparer les particuliers et les entreprises en RW. Les puissances PV sont le plus souvent exprimées en kWc comme le fait la RBC, traduisant donc une puissance-module. Le facteur de conversion classique de la puissance PV pour passer à travers l'onduleur, souvent dénommé « Efficience européenne des onduleurs », est compris entre 95 et 97%, avec des pics d'efficience pouvant atteindre 98% (IEA, 2013). En l'occurrence, on

prendra le facteur de conversion minimal de 95%, à appliquer à la puissance PV à la sortie du module. Seulement, c'est le chemin inverse qui doit être réalisé, c'est-à-dire passer d'une puissance-onduleur à une puissance-module. Donc, toutes les données en kVA de la base de données de la CWaPE ont été multipliées par un facteur de 1,05263 (ce qui revient à diviser par 0,95).



2. Forces et faiblesses de la technologie photovoltaïque

L'un des premiers enjeux qui vient à l'esprit lorsqu'on parle d'énergies renouvelables (ER) et de solaire PV est évidemment la réduction des émissions de CO2. Nos sociétés sont clairement dépendantes des énergies fossiles, que ce soit pour le transport, le chauffage ou, concernant cette étude, la production d'électricité. Cette dernière dépend du nucléaire, de la production hydraulique, mais encore en grande partie des centrales électriques fonctionnant aux énergies fossiles. En conséquence, les quantités de CO2 rejetées dans l'atmosphère sont très importantes. L'électricité étant un facteur essentiel au développement économique dans tous les pays du monde (Observ'er & Fondation Energies pour le monde, 2013), il est primordial d'assurer la transition vers davantage de sources renouvelables.

Ainsi, l'électricité produite grâce aux panneaux PV est théoriquement verte puisque son processus de production ne repose plus sur la combustion de substances carbonées. Néanmoins, les capteurs photovoltaïques ont, tout comme toute autre technologie, certains besoins d'énergie et de matières premières pour leur fabrication, leur transport et leur installation (CGEIET & CGEDD, 2012), sans oublier l'élimination ou le recyclage mentionné précédemment. Non seulement une nouvelle dépendance aux pays producteurs de ces matières premières se crée, mais chaque panneau aura aussi une certaine empreinte énergétique et empreinte carbone (exprimée en grammes de CO2/kW), ainsi que des temps de retour associés. Pour l'énergie, c'est le temps qu'il faut pour que l'énergie produite par l'installation égalise l'énergie consommée pour son cycle de vie. Pour le CO2, c'est le temps nécessaire pour que les émissions de CO2 évitées par les panneaux égalisent les émissions de CO2 générées au cours de leur cycle de vie. C'est donc le même principe que pour le temps de retour sur investissement. Cette fois, ce n'est qu'au-delà de ces temps de retour énergétique et CO2 que les installations photovoltaïques produisent véritablement une énergie propre (Photovoltaïque.info, 2011). Donc, le rôle joué par le PV pour se libérer progressivement des énergies fossiles et s'assurer la sécurité énergétique est non-négligeable, mais il ne faut pas perdre de vue le temps nécessaire pour pallier à la consommation d'énergie et à la production de déchets associés au cycle de vie de la technologie.

Malgré tout, l'étude de l'Agence Internationale de l'Energie (à propos des indicateurs environnementaux de l'électricité photovoltaïque dans les villes de l'OCDE) montre que ce temps de retour énergétique pour les systèmes PV est a priori abordable, oscillant entre 1,36 et 4,7 années, selon le pays où est située l'installation et selon le type d'intégration utilisée (en toiture, façade, …) (IEA, 2006 & Photovoltaïque.info, 2011). De plus, « les avancées techniques attendues dans les prochaines années devraient permettre de réduire ce temps de retour énergétique à moins d'un an dans les pays du sud de l'Europe pour les principales catégories de modules » (ADEME, 2013), ce qui s'avère encourageant. En plus d'être une technologie jeune ayant une forte marge de progression, la durée de vie des panneaux est connue pour être conséquente, pouvant dépasser 30 ans (CGEIET & CGEDD, 2012). Dans ces conditions, comme mentionné en page 13, le système demeure également performant après 25 ans, la plupart des fabricants avancent que les modules composant les panneaux produiront encore 80% de leur puissance nominale crête, soit seulement 20% de perte sur

autant d'années (Ministère de la région wallonne, n.d.). Si l'investissement de départ peut effrayer un assez large public (désavantage mentionné ci-après), la rentabilité de la technologie, que ce soit en termes financiers ou environnementaux, devrait au contraire constituer un levier pour le développement de la filière.

Ensuite, la modularité des systèmes PV est un autre gros avantage à mettre en évidence. Les usages du solaire PV sont en effet très variés ; des installations diverses peuvent se retrouver dans différents environnements (Connaissances des énergies, 2015). Outre les petits systèmes du secteur résidentiel, on peut ainsi distinguer les systèmes de moyenne puissance sur toitures agricoles, industrielles ou commerciales, les parcs photovoltaïques au sol de grande puissance ou encore les systèmes de puissance variable, non-connectés au réseau, situés dans des sites isolés (ADEME, 2013).

A contrario, plusieurs facteurs sont des freins à l'essor du PV. Il a été mentionné notamment que la fabrication des panneaux avait une empreinte énergétique et une empreinte carbone qui pouvaient être compensées par un certain temps d'usage. Néanmoins, les processus industriels intégrés au cycle de vie des panneaux (la purification du silicium par exemple) ont aussi d'autres impacts plus difficilement rattrapables, comme le rejet de certaines quantités de déchets de fabrication qui subsistent malgré des améliorations de procédés (ADEME, 2013). D'ailleurs, il y aura probablement toujours production de déchets, quels que soient les progrès effectués, mais cela peut être vu comme un moindre mal par rapport à l'usage d'électricité venant d'autres sources comme le nucléaire ou les centrales au gaz ou au charbon.

Par contre, le prix élevé, peu compétitif de l'électricité PV par rapport à celle produite grâce aux énergies fossiles, représente un problème réel à l'heure actuelle. De fait, son coût au kilowatt heure est environ 4 fois supérieur (Connaissances des énergies, 2015). Si depuis les années 1970, le prix diminue de 20% à chaque fois que la capacité installée double au niveau mondial (ADEME, 2013 et CGEIET & CGEDD, 2012), le prix des installations comporte aussi une part peu compressible notamment représenté par la pose sur site (CGEIET & CGEDD, 2012). Il faudra donc vraiment compter dans les années à venir sur les économies d'échelle mais aussi sur la réduction des coûts de production des divers composants, sur les retours d'expériences et sur l'innovation pour rendre l'électricité photovoltaïque financièrement abordable. A ces coûts encore fort élevés peut aussi s'ajouter le caractère fluctuant de la production photovoltaïque, qui peut aussi constituer un frein (ADEME, 2013). Ceci est valable à la fois dans le temps, avec l'alternance jour/nuit et les différences entre saisons, et dans l'espace, selon la position géographique. Par exemple l'ensoleillement sera largement réduit en hiver, alors qu'il s'agit d'une période de forte demande en électricité, ce qui est assez contradictoire (CGEIET & CGEDD, 2012).

En contrepartie de prix élevés et de besoins éventuels de renforcer les réseaux de transport et d'électricité (CGEIET & CGEDD, 2012), il faudra aussi reconnaître au photovoltaïque un potentiel de développement économique et de création d'emploi important. Cette technologie, tout comme d'autres filières d'énergies renouvelables (Ministère de la région wallonne, n.d.), propose des opportunités à tous les niveaux de son cycle de vie, allant de la production des matières premières jusqu'à l'élimination ou le recyclage des composantes en fin de vie.

En résumé, le secteur PV fait l'objet d'un bilan complexe en matière d'impacts. D'un côté, ses avantages sont indéniables, permettant une exploitation très variée d'une source d'énergie inépuisable, avec des temps de retour énergétique et CO2 faibles, et créatrice d'emploi et de valeur ajoutée. Mais il ne faut pas perdre de vue certaines limites, à savoir son coût de départ élevé, la disponibilité irrégulière de l'ensoleillement, ou encore les impacts environnementaux du cycle de vie des installations (ADEME, 2013 et CGEIET & CGEDD, 2012).

3. Contexte solaire PV : Tendances de marché

Cette section vise à établir la situation et les tendances de la technologie solaire PV à travers le monde, en se focalisant sur les Etats ou les régions qui ont ou qui pourraient avoir un rôle déterminant à jouer pour la filière. Ceci permet de mettre en évidence certains points communs ou certaines divergences entre pays, en termes de mécanismes de soutien notamment. Trois modèles principaux ont d'ailleurs pu être dégagés en fonction de leurs politiques PV : le modèle des ventes croisées du Japon, le modèle de propriété par un tiers des USA, et le modèle des tarifs de rachat garantis de l'Allemagne (Strupeit & Palm, 2015). Au final, il conviendra de revenir plus en détails sur le cas de la Belgique et ses régions, afin de comprendre le comment et le pourquoi de sa situation actuelle.

3.1. Le monde

Les énergies renouvelables (ER) apparaissent comme de plus en plus importantes pour la production d'électricité. Si la puissance PV totale installée dans le monde est forcément compliquée à identifier avec précision, le rapport de l'IEA (International Environment Agency) sur les tendances des applications PV en 2013, estime un minimum de 96,6 GWc de puissance installée en 2012, comprenant les installations connectées au réseau et hors-réseau. Ce total grimpe même à 99,3 GWc lorsqu'il est ajouté 2,7 GWc de capacité probable dispersée dans le monde. Mais les taux de progression annuels sont aussi particulièrement élevés, avec par exemple 28 GWc installés rien qu'en 2012 (IEA, 2013). Ainsi, pour se faire une idée, avec la capacité totale de 137 GWc de 2013 et compte tenu d'un taux de charge de 12%, le parc PV mondial de fin 2013 pouvait déjà produire 144 TWh d'électricité en année pleine, ce qui équivaut à la production moyenne de vingt réacteurs nucléaires standards de 1000 MW (Energeia, 2014). En 2014, le marché mondial a gagné près de 40 GW de puissance installée, faisant grimper le total à environ 177 GWc en fin d'année. A noter que ces chiffres font davantage office d'indications et d'ordres de grandeur plutôt que de statistiques exactes, au vu des marges d'erreurs de cette échelle géographique si large (IEA, 2013).

L'acteur le plus déterminant à l'échelle globale est certainement cette International Energy Agency (IEA), une organisation autonome s'intégrant dans l'OCDE et qui promeut la coopération entre ses Etats-membres dans le secteur de l'énergie. Fondée en 1974, elle a notamment développé en 1993 l'IEA-PVPS, pour « Photovoltaic Power System Programme », un programme comprenant des accords collaboratifs de recherche et développement établis au sein de l'IEA, spécifiquement pour la technologie PV. Les participants à ce programme PV ont ainsi mené une variété de projets conjoints pour la mise en application de la conversion d'énergie solaire en électricité. Parmi les 28 Etats-membres se trouvent notamment : la Belgique (qui n'a rejoint le programme qu'en 2012), l'Australie, la Chine, l'Allemagne, l'Italie, le Japon, les USA et bien d'autres (IEA, 2014).

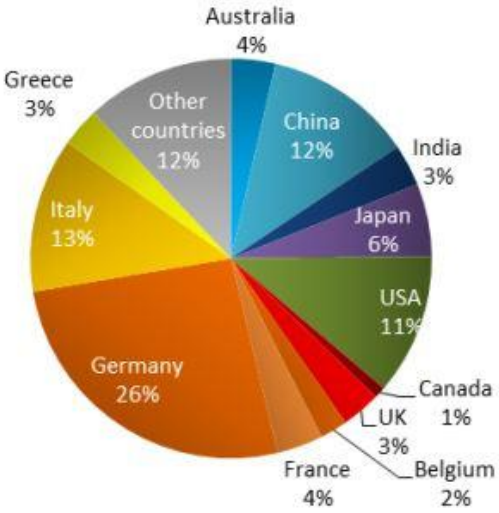
Si le continent asiatique dominait peu à peu le marché au début des années 2000, l'Europe, grâce au lancement d'incitants notamment dans une large mesure en Allemagne, s'est vue projetée au rang de leader mondial dans le secteur du PV dès 2004 (IEA, 2013). Pour rappel, selon l'Association européenne de l'industrie PV, le parc mondial atteignait 101 GWc fin 2012 avec plus de 30 GWc raccordés sur cette seule année et ce, malgré les difficultés du secteur, la crise économique et les aides publiques souvent réduites. « Géographiquement, ces nouvelles capacités se répartissaient principalement entre : 17 GWc en Europe, 3,5 GWc en Chine, 3,2 GWc aux Etats-Unis et

	2010	2011	2012
1	Germany	Italy	Germany
2	Italy	Germany	Italy
3	Czech Rep.	China	China
4	Japan	USA	USA
5	USA	France	Japan
6	France	Japan	France
7	China	Belgium	Australia
8	Belgium	UK	India
9	Spain	Australia	UK
10	Australia	Greece	Greece
	Market level to access the top 10		
	383 MW	425 MW	912 MW

Tableau 2: Evolution du top 10 des marchés PV dans le monde (Source : IEA - Trends, p13)

2,5 GWc au Japon. Les pays européens en tête de peloton étaient l'Allemagne (7,6 GWc), l'Italie (3,3 GWc) et la France (1,2 GWc) » (SmartGuide, 2013). A noter que pratiquement tous ces pays sont membres de l'IEA-PVPS, ce qui montre l'importance de ce programme. Mais depuis 2013, l'Union Européenne (UE) contraste tendanciellement avec la forte croissance des marchés chinois, japonais et américains. Ces 3 marchés ont largement contribué à la croissance du parc entre 2012 et 2013, qui est passé de 101 GWc à 137 GWc, tandis que l'UE connaissait sur cette même année une baisse sensible de son marché. Ainsi, tout porte à croire que la région Asie-Pacifique va progressivement prendre le dessus sur le marché européen (Eurobserv'er, 2014). L'Afrique et le Moyen-Orient, quant à eux, ne font leur apparition sur le marché qu'en 2012, même si leur part reste minime. En fait, ces deux régions du monde n'ont pas encore réellement lancé leur développement PV, mais quelques pays ont tout de même amorcé certaines stratégies (IEA, 2013). Toutes ces tendances changent évidemment très rapidement, comme en atteste le tableau 2 ci-dessus (Voir aussi l'ANNEXE 2, p100 pour l'évolution des parts de marché entre les différentes régions du monde). La figure 6 qui suit illustre aussi comment se répartissait plus concrètement le parc PV mondial en 2012 :

Figure 6: Marché photovoltaïque global en 2012 (IEA, 2013, p12)



3.1.1. La Chine : Premier producteur de modules du monde

La Chine, avec un total, en 2013, de 12 GW d'installations PV domestiques et un objectif fixé à 100 GW en tout pour 2020, va jouer un rôle de plus en plus important au fil des années. En termes de mécanismes de soutien, tout a démarré avec la loi sur les énergies renouvelables qui a pris effet en 2006 (IEA, 2014). Plusieurs stratégies concrètes ont ensuite été lancées dès 2012 dans le but de développer le PV en Chine :

- Un programme de tarifs d'achat garantis (« feed-in tariffs » en anglais), alimenté par les surcharges d'électricité renouvelable produite par les détenteurs de panneaux (l'équivalent des certificats verts en Belgique).
- Un subside au PV dans le domaine de la construction, appelé le « PV Building project », financé par un fond spécialement libéré pour les ER.
- Le programme « Golden Sun », qui vise aussi à développer le PV dans la construction mais s'intéresse aussi aux applications hors-réseau (davantage destinées aux zones rurales).

« La Chine a le potentiel pour devenir très rapidement numéro un du marché PV mondial. Des politiques adéquates sont progressivement mises en place et permettront à ce marché de continuer à grandir rapidement » (IEA, 2013, p22). Mais son rôle est tout aussi crucial dans la fabrication des panneaux PV. En effet, la dernière décennie a été marquée par des progrès significatifs de cette industrie en Chine, grâce à beaucoup de recherche et développement permettant la création de

produits hautement efficients et bon marché. Ainsi, la Chine s'est révélée comme le plus gros producteur de modules PV du monde et ce, depuis 2007 (IEA, 2014). En 2009, la production chinoise comptait déjà pour plus de 50% du total global. Le problème est que depuis 2011, suivant la crise de la dette européenne, beaucoup d'entreprises spécialisées dans le solaire PV ont fait faillite, attribuant leur effondrement à un marché global en déclin mais aussi à une compétition excessivement féroce, en particulier avec les concurrents chinois. « En conséquence, les USA et l'UE ont lancé une enquête « anti-dumping » en Chine, se focalisant sur les politiques de fabrication industrielle des modules PV » (Qiang et al., 2014, p. 309).

3.1.2. Le Japon : Modèle de ventes croisées

Dans ce pays plus que partout ailleurs, la catastrophe nucléaire de Fukushima aura induit un changement profond dans la politique énergétique nationale. En effet, quelques mois après l'incident, en septembre 2011, le gouvernement a introduit l'Innovative Energy Environment Strategy », qui a pour principal objectif d'assurer la sécurité d'approvisionnement énergétique du pays en ayant recours aux SER, pour remplacer complètement le nucléaire d'ici 2020 (Muhammad-Sukki et al., 2014). Depuis lors, la capacité PV cumulée a atteint fin 2013 un total de 13 GW. Cette augmentation peut être mise sur le compte d'une croissance constante du marché PV résidentiel mais aussi d'une croissance rapide du marché non-résidentiel pour des applications publiques et industrielles (IEA, 2014).Par exemple, les premiers projets de systèmes de production PV centralisés à grande échelle y ont vu le jour en 2012, ce qui montre que le marché japonais se développe aussi en dehors des tendances plus traditionnelles sur toit.

La refonte des divers mécanismes de soutien a évidemment tenu un rôle significatif dans cette évolution croissante. Si les subsides pour les petites installations (< 10 kW) avaient déjà été relancés en 2009, un nouveau plan de tarifs d'achat obligatoires pour petites et grandes installations a été instauré en 2012, dans le cadre du nouveau programme énergétique. D'autres stratégies ont aussi servi à développer le PV, conjointement avec d'autres technologies, spécifiquement dans les régions touchées par le grand tremblement de terre de 2011 (IEA, 2013). Une particularité du Japon est aussi la pratique très courante des ventes croisées des systèmes PV, souvent avec le secteur de la construction. Typiquement, la technologie est donc vendue par des entreprises non-spécialisées dans le PV, conjointement avec des maisons préfabriquées, qui représentent le produit associé dominant (Strupeit & Palm, 2015). Ainsi, « la combinaison de la chute des prix, de la prise de conscience politique et publique du potentiel PV après l'incident de Fukushima et de la mise en place de politiques intelligentes contribue et contribuera au développement du marché PV japonais dans les années à venir » (IEA, 2013, p22).

3.1.3. Les USA : Modèle de propriété par un tiers

Sur les continents américains, plusieurs pays misent de plus en plus sur la technologie PV pour subvenir à la demande, souvent croissante, en électricité : Canada, Mexique, Argentine, Brésil, Chili, ou encore dans une moindre mesure l'Equateur, l'Uruguay et le Pérou. L'exemple pris ici est celui des Etats-Unis, qui représentaient 11% du marché mondial en 2012 (IEA, 2013). Le marché PV américain est soutenu par des incitants financiers à l'échelle nationale et à l'échelle des Etats, ainsi que par certaines politiques plus locales. Il en résulte une capacité PV fortement concentrée dans certains Etats comme la Californie, l'Arizona ou le New Jersey, ce qui est aussi lié aux différences d'insolation (IEA, 2014).

Plusieurs aides au PV sont donc envisagées de manière différenciée entre les Etats : des remises sur les coûts d'investissement de départ, des déductions sur les taxes, des quotas de production

d'électricité verte pour les fournisseurs d'électricité définis par le Renewable Portfolio Standard (RPS), … (IEA, 2013). Mais le système le plus en vogue semble être le modèle de propriété par un tiers, adopté par 70 à 90% de toutes les nouvelles installations résidentielles en Californie, Arizona et Colorado en 2013. Celui-ci consiste à ce que des entreprises spécialisées (le « tiers ») planifient, installent, et s'occupent de la maintenance d'un système PV chez un particulier, tout en gardant la mainmise sur celui-ci (Strupeit & Palm, 2015). Ces entreprises de « service solaire », en tant que propriétaires de l'installation, bénéficient généralement de toutes les aides de l'Etat, mais s'occupent aussi de toutes les démarches qui y sont liées, des permis de construire, etc. (Meza, 2013). En échange, les propriétaires du bâtiment peuvent acheter l'électricité produite avec l'installation à un prix prévisible pour une période de 15 à 20 ans. Il s'agit d'un « Power Purchase Agreement » (PPA) (Strupeit & Palm, 2015). L'autre option est de profiter pleinement de l'installation mais de payer des mensualités pré-établies à l'entreprise de location (Meza, 2013) (le fonctionnement détaillé du « Third-Party Ownership est présenté en ANNEXE 3, p101). Dans les deux cas, au terme de l'accord, les clients peuvent acheter l'installation, résilier leur contrat ou en établir un nouveau. Typique de l'économie de la fonctionnalité, ce principe très populaire aux USA permet de lever plusieurs barrières à l'adoption de panneaux PV. Les clients sont en effet déchargés de l'investissement de départ très conséquent, des démarches administratives parfois complexes, tout en profitant d'un prix réduit et fixe de l'électricité (Strupeit & Palm, 2015).

3.1.4. Potentiel des pays en voie de développement : le cas de l'Afrique

A l'image du Moyen-Orient et des pays de l'ASEAN (Association of South East Asia Nation), l'Afrique accuse en général un certain retard dans le domaine de l'énergie solaire PV. Pourtant, les conditions d'exposition solaire sont idéales, offrant à ces régions un potentiel énorme sur le moyen et long terme. Progressivement, certains pays se manifestent d'ailleurs avec des stratégies et des développements industriels dans la filière PV (IEA, 2013).

L'Afrique du Sud par exemple, dispose d'une électricité parmi les moins chères du monde, mais il subsiste un grand problème d'accessibilité à celle-ci pour beaucoup d'habitants. L'électrification des zones rurales reculées ne se réalise que très lentement et les sources d'énergie renouvelable (SER) ont été identifiées comme une alternative plus immédiate et souvent moins coûteuse que d'étendre le réseau. « En particulier, la technologie solaire PV détient le plus grand potentiel » (Munzhedzi & Sebitosi, 2009, p. 165). Dans ce pays, c'est le programme « Renewable Energy Independant Power Producer Procurement » (REIPPP) qui permet de développer les ER, ayant déjà abouti à plusieurs projets PV déjà construits ou au moins approuvés, ce qui annonce un bel avenir pour la filière PV sud-africaine (IEA, 2013). A un niveau de développement moins avancé, la Côte d'Ivoire, par exemple, cherche à s'impliquer de manière croissante dans les ER. Pour cause, son potentiel de biomasse, hydraulique et PV est énorme. Pourtant, une fois encore, l'énergie solaire est loin d'avoir été exploitée de manière adéquate jusqu'ici, malgré un besoin urgent d'approvisionnement en électricité dans les zones rurales les plus isolées (Koua et al., 2015).

Donc, même si le potentiel de ces pays (Afrique du Sud, Côte d'Ivoire et bien d'autres) est très conséquent, les installations solaires PV demeurent bien trop onéreuses pour la plupart des communautés rurales. Ce coût est sans aucun doute l'obstacle principal à la pénétration de la technologie dans les pays en voie de développement (Munzhedzi & Sebitosi, 2009). D'autres raisons peuvent aussi être invoquées : le manque d'organismes pour financer les projets, l'absence de mécanismes de soutien et plus généralement l'absence d'un cadre légal, l'accès limité aux technologies avancées, les barrières socioculturelles, sans parler du manque de promotion et de conscientisation des bienfaits des ER (Koua et al., 2015).

3.2. L'Union Européenne

Selon C.L. Kwan dans une étude de 2012, la littérature se focalisait très souvent, voire exclusivement sur des cas européens, justement pour leur rôle majeur dans l'économie mondiale (Kwan, 2012). Cependant, à en croire les tendances à l'échelle des régions, ceci est en passe de changer.

Présenté en février 2015, le dernier texte de la Commission européenne envisage un projet d'Union européenne de l'énergie. « Celle-ci vise à garantir aux citoyens et aux entreprises de l'UE une énergie sûre et respectueuse de l'environnement, à un prix abordable » (Europa, 2014). Directement liées à cette stratégie, les législations du paquet Energie-Climat ont fixé plusieurs objectifs pour l'horizon 2020 :

- Une réduction de 20% des émissions de GES en UE par rapport à 1990.
- Une part de 20% d'ER dans la consommation énergétique de l'UE.
- Une amélioration de 20% de l'efficience énergétique.

Les objectifs pour 2030 et 2050 sont évidemment de plus en plus ambitieux (SPF Economie, 2013a). Du côté du solaire PV, il en a résulté un développement assez conséquent de la filière, avec un total de 86,7 GWc de puissance installée fin 2014 en UE. Les tendances sont toutefois à la baisse : la puissance nouvellement installée en 2014 n'est que de 6,88 GWc, soit une diminution de 32% par rapport à 2013. « La bonne santé du marché mondial PV contraste avec la situation de l'UE » (Eurobserv'er, 2015, p72). Cela se ressent fortement chez les leaders du marché européen comme l'Allemagne. Au Royaume-Uni par contre, là où le PV était beaucoup moins développé, la tendance est déjà plus positive puisqu'il devient, depuis 2014, le premier marché PV européen (suivi de l'Allemagne, la France, l'Italie et les Pays-Bas). A noter que la Belgique se place encore à la troisième place de la puissance PV installée par habitant en 2014, derrière l'Allemagne et l'Italie (Eurobserv'er, 2015).

3.2.1. L'Allemagne : Modèle hybride des tarifs d'achat garantis

Le modèle allemand diffère encore du modèle japonais ou de celui adopté aux Etats-Unis (même si les tarifs d'achat garantis y sont aussi présents), mais il peut sembler plus familier, se rapprochant davantage de ce qui se fait en Belgique. En effet, la majorité des systèmes sont installés sur toit, intégralement à la charge des propriétaires du bâtiment. Ce dernier a donc généralement recours à un prêt bancaire pour l'investissement de départ et comptera sur les mécanismes de soutien et sur des factures d'électricité réduites pour un temps de retour sur investissement le plus court possible. En matière de soutien, l'Allemagne a misé essentiellement sur les tarifs d'achat garantis (Strupeit & Palm, 2015), comparable au système des certificats verts (CV) utilisés en Belgique, qui permet de revendre les excès d'électricité verte produits. A la différence près que le modèle allemand a aussi introduit le concept de « corridor » : une méthode qui autorise les tarifs à être réajustés en fonction de l'évolution de marché. « Plus le marché grandit sur une période donnée, plus les niveaux de tarifs d'achat garantis sont diminués » (IEA, 2013, p30). C'est pourquoi on parle de modèle « hybride » (Strupeit & Palm, 2015) (en réalité cette diminution de tarifs a aussi été appliquée en Belgique avec les CV, mais cela n'avait pas été planifié).

Plus récemment, en termes de croissance annuelle, l'Allemagne a donc laissé sa place de leadership du marché PV européen au Royaume-Uni, même si le pays conserve la capacité cumulée la plus importante du continent, avec un total de 38,3 GWc fin 2014 (Eurobserv'er, 2015). De fait, la nouvelle politique du gouvernement allemand se focalise davantage sur le contrôle de l'augmentation du prix de l'électricité que sur la croissance de son parc PV déjà bien fourni. Pour preuve, fin 2014, 27,8% de la demande en électricité se basait sur des ER, et le PV y contribuait déjà pour plus d'un cinquième de la production. Par conséquent, le soutien allemand au PV se veut de plus en plus contraignant afin de concentrer ses efforts ailleurs. Ainsi, depuis le 1er août 2014, seules

les installations de 500 kW ou moins sont encore éligibles au système de tarifs d'achat garanti, et le seuil sera réduit à 100 kW dès janvier 2016 (Eurobserv'er, 2015).

4. Le cas de la Belgique

La Belgique n'a pas échappé à la récession touchant l'Union Européenne en 2013 et 2014 dans le secteur photovoltaïque. De nombreuses raisons peuvent être invoquées pour expliquer le taux d'installation très pauvre de ces deux dernières années (IEA, 2013). Parmi les facteurs explicatifs, il y a la crise financière qui persiste, une dépendance aux importations qui fait grimper le prix de l'énergie (et ce pour toute l'Europe), des coûts pour les gestionnaires de réseau liés à la surtension et au renforcement des lignes, des investissements européens dans le renouvelable qui ont chuté de plus de 40% prenant la forme d'ajustement voire de suppression des mécanismes de soutien, ... En conséquence, à peine 215 MWc sont installés sur l'année 2013, c'est-à-dire moins que les niveaux de projection les moins ambitieux, qui s'élevaient à 250 MWc/an (SmartGuide, 2014). En 2014, le bilan est encore à la baisse avec seulement 65 MWc nouvellement installés (Eurobserv'er, 2015). Malgré tout, la Belgique atteint une puissance cumulée de 3,1 GWc fin 2014. Comme illustré sur la figure 7 (page 29), cette puissance s'est surtout installée entre 2009 et 2012, avec un pic en 2011 (APERe, 2015). L'explication de ce phénomène sera abordée sur base d'une approche chronologique de la filière PV en Belgique (inspirée d'une séance de cours « Instruments et processus de décision » avec le professeur Kunsch, ULB). Cependant, il convient avant tout de revenir sur les incitants financiers mis en place et les différences entre régions.

4.1. Mécanismes de soutien

4.1.1. Niveau fédéral

Au niveau fédéral, une réduction d'impôts était de rigueur pour tous les économiseurs d'énergie. Cette réduction était accordée à condition d'être contribuable et d'avoir consenti à certaines dépenses pour une utilisation plus rationnelle de l'énergie (y compris pour l'installation de panneaux PV) dans une habitation dont l'individu doit être propriétaire ou locataire (Service Public Fédéral Belge, 2012). Néanmoins, depuis l'exercice d'imposition 2014 (autrement dit pour les dépenses faites en 2013), cette réduction d'impôt pour toutes les dépenses faites en vue d'économiser l'énergie a été supprimée. Seules les dépenses pour l'isolation du toit peuvent encore jouer en la faveur du contribuable (Service Public Fédéral Finances, 2014). Cette suppression, qui s'accorde avec la réduction de 2013 de 40% des investissements de l'UE dans les ER (SmartGuide, 2014), représente déjà un incitant en moins pour l'avenir. « Il est cependant encore possible de bénéficier d'un report pour certaines dépenses effectuées en 2010, 2011 et 2012 » (Service Public Fédéral Finances, 2014).

4.1.2. Niveau régional

A cette échelle, ce sont les primes et/ou les certificats verts qui sont de rigueur.

- ***Région flamande***

Ayant adopté une politique différente, mise en place avant celles des deux autres régions, la RF n'a jamais eu recours aux primes régionales (Energethique, s.d.a). Par contre, les producteurs d'électricité issue de sources renouvelables peuvent acquérir des certificats verts auprès de la VREG pour l'électricité qu'ils produisent, à partir du solaire notamment. Ainsi, dans la Région, tout fournisseur d'électricité se doit de fournir une certaine quantité d'électricité produite à partir de sources renouvelables. Cette quantité correspond à un volume minimal déterminé de l'électricité totale qu'il fournit à ses clients. Cette obligation se traduit par un certain nombre de certificats verts. Dès lors, les particuliers et entreprises peuvent vendre leurs CV à des fournisseurs qui doivent encore

satisfaire à leur obligation de certificats. Si le producteur est lui-même également fournisseur, il pourra utiliser ses propres CV pour rentrer dans les normes (VREG, 2014).

Début 2013, deux adaptations importantes ont été instaurées pour les installations PV domestiques en Région flamande. D'une part, un nouveau tarif-réseau spécifique de l'ordre de 60€/kWc/an pendant 20 ans a été mis en place. D'autre part, il y a eu une forte réduction du soutien en matière de CV passant de 90 à 21€/MWh pendant 10 ans, afin de revenir à une rentabilité de 5% sur 15 ans. Le système a encore connu un tournant fin 2013, avec l'annulation du tarif-réseau spécifique suivi de la suppression du mécanisme de CV pour les petites installations domestiques. De fait, sans tarif-réseau, « la rentabilité pouvait être assurée uniquement avec la compensation réseau » (SmartGuide, 2014).

Quoiqu'il en soit, avec 2,29 GWc installés au total fin 2014, la Flandre garde nettement sa place de leader par rapport aux deux autres régions. Son parc PV équivaut ainsi aux besoins électriques d'un ménage flamand sur cinq (APERe, 2015).

- ***Région Bruxelles-Capitale***

En termes de primes à Bruxelles en 2014, les systèmes PV ne rapportent plus que si le bâtiment est neuf et passif ou rénové « basse énergie », ce qui limite fortement les bâtiments résidentiels concernés. Si c'est le cas, la catégorie de base touche 0,25€/Wc, les revenus moyens 0,5€/Wc et les faibles revenus 1€/Wc, une seule fois par facture (IBGE, 2014). Autrement, le principe des CV est le même en Région Bruxelles-capitale qu'en Flandre ou en Wallonie, ce sont juste les organismes et les chiffres qui changent. Concrètement, « un CV est octroyé à l'installation certifiée pour chaque quantité de 217kg de CO2 qu'elle évite d'émettre » (BRUGEL, 2014). En l'occurrence, c'est BRUGEL qui attribue les CV trimestriellement à hauteur de 2,4 CV/MWh pendant 10 ans (Bruxelles-renouvelable). Il faut tout de même noter la diminution, fin août 2013, du soutien financier que représente ces CV, passant de 340 à 204€/MWh pendant 10 ans (SmartGuide, 2014). A Bruxelles, il faut en général s'adresser aux fournisseurs d'électricité pour revendre les CV, qui valent donc actuellement environ 85€/CV (Bruxelles-renouvelable). Ceci garantit tout de même un temps de retour simple de 7 ans pour les particuliers (SmartGuide, 2014). A noter qu'en Région bruxelloise, le gestionnaire du réseau Elia promet de racheter les certificats à un prix plancher de 20.63€ au cas où le prix du marché viendrait à s'effondrer (Energethique, s.d.a).

Dans ce contexte, quasiment aucune nouvelle installation n'a vu le jour en RBC en 2014, alors que l'année précédente était marquée par une croissance record de plus de 25 MWc pour la région. Le total fin 2014 s'élève à 48 MWc (APERe, 2015).

- ***Région wallonne***

Début d'année 2013, la Région wallonne a fait l'objet d'une crise du mécanisme de ses CV, sous le régime appelé « SOLWATT », la poussant à revoir son système. Dès le mois d'avril, un régime transitoire a pris place, réduisant d'abord fortement le soutien en termes de certificats verts (de 325 à 97€/MWh pendant 10 ans) pour les installations domestiques (SmartGuide, 2014). Par après, le nouveau système remplaçant SOLWATT, dénommé « QUALIWATT », a été voté fin 2013 pour être mis en application au 1er mars 2014. Il est présenté comme plus efficace et capable de se dissoudre lui-même aussitôt qu'il a rempli son rôle (Renouvelle, 2014b). A la place des CV, c'est donc une prime étalée sur 5 années et calculée pour obtenir un temps de retour simple de 8 ans qui est proposée. En plus, des critères de qualité sont aussi demandés pour le matériel, l'installateur et l'installation (SmartGuide, 2014). La Wallonie insère donc un système innovant pour le PV mais qui devra encore faire ses preuves. Outre le système de CV, au départ, la Wallonie proposait aussi des primes régionales pour l'installation de panneaux PV. Celles-ci permettaient de rembourser 20% de la facture, avec un plafond de 3500€, versés dans un délai de 4 mois après acceptation du dossier. Avec

une estimation de 20 millions d'euros de ces primes en 2009, le plan SOLWATT a assez vite mis fin à cet incitant. Le marché était considéré comme suffisamment mûr que pour se passer de ces primes, qui nécessitaient un budget très conséquent (Energethique, s.d.a).

Actuellement, « près d'un quart de la puissance installée PV belge se situe en Wallonie, malgré une nette diminution des systèmes PV sur le territoire depuis 2013 » (APERe, 2015). Le cap des 0,8 GWc est tout de même atteint depuis la fin d'année 2014 (APERe, 2015).

4.1.3. Niveau communal (dynamiques locales)

Cumulé au soutien fédéral, qui n'est donc plus d'actualité, et régional, qui varie d'une région à l'autre, viennent s'ajouter d'éventuelles dynamiques locales qui prennent place à l'échelle des communes. Dans les premières années de développement du marché PV belge, les ménages avaient droit à une diminution d'impôt communal correspondant au minimum à 6% de la réduction fiscale fédérale (Energethique, s.d.a). Cette réduction d'impôt communal n'est plus au goût du jour, à l'image de la déduction fiscale fédérale. Certaines communes octroient toujours, de leur côté, des primes au PV mais cela se veut de plus en plus rare, voire exceptionnel. « Certaines ont préféré opter pour l'organisation de groupement d'achat ou de groupement de revente de certificats verts » (Energethique, s.d.b). Par exemple, l'entreprise Test-Achat a mis en place, sous l'impulsion de la Commission européenne dans le cadre du projet CLEAR (Consumers Learn Engage Adopt Renewable Energy Technologies), ce type de système d'achat groupé en Belgique, portant sur des panneaux PV. L'installation est comprise et ils garantissent le recours à une entreprise agréée. « Pour information, un investissement de 6400€ (installation moyenne standard à l'heure actuelle) peut rapporter un peu plus de 20000€ en 20 ans, en considérant le soutien financier qu'il est possible d'obtenir, c'est-à-dire un rendement de 6 à 7% » (Mon énergie renouvelable, s.d.). Ce genre de mouvement collectif reste cependant très variable entre les différentes communes.

Plus généralement, en termes de soutien communal, l'APERe anime la campagne POLLEC (Politiques locales Energie-Climat). Cette initiative propose un soutien financier, technique et méthodologique aux communes ou groupements de communes wallonnes qui souhaitent s'engager dans une transition énergétique. Ce soutien financier, lors de la première campagne, était plafonné à 8000€ pour les petites communes, à 12000€ pour les communes de taille moyenne et à 20000€ pour les grandes. Les communes participantes font ainsi l'objet d'un inventaire, d'un plan d'actions en énergie durable, d'un plan de communication et d'un plan d'investissement. Lors de la première campagne 2012-2014, 17 communes ont participé : Ans, Attert, Braines, Brunehaut, Burdinne, Donceel, Fontaine l'Evêque, Gembloux, Herve, La Louvière, Mons, Mouscron, Saint-Vith, Sambreville, Viroinval, Visé et Wanze. La nouvelle campagne 2015-2016 est désormais lancée (APERe, s.d.c ; s.d.d). Dans cette perspective de transition énergétique, l'APERe a aussi organisé, en 2011-2012 et 2013-2014, le championnat des énergies renouvelables. Cette dynamique sera plus largement détaillée dans l'étude de la distribution spatiale du parc PV wallon, page 40.

En tant que véritable moteur pour les ER, il ne faut pas oublier le rôle central des salons dans la diffusion de la technologie PV en Belgique. Les plus importants sont a priori Batibouw, « le plus grand salon belge de la construction, de la rénovation et de l'aménagement pour professionnels et particuliers » (Batibouw, 2015), et la Foire agricole, forestière et agroalimentaire de Libramont (Libramont, 2015). Il y a 2-3 ans dans ces deux showrooms, pratiquement tous les installateurs PV avaient un stand et des sections entières étaient consacrées à la filière. Aujourd'hui, il n'y a pratiquement plus rien en termes de communication et de démarchage (Germani, 2015). Un autre salon intéressant et vraiment spécialisé dans le secteur de l'énergie est le salon Energies+ de Marche-en-Famenne qui se tient généralement au mois de novembre. Ce showroom dispose d'un certain potentiel vu qu'à la dernière édition, dix des 150 exposants qui étaient présents proposaient encore du solaire PV (Magis, 2015 ; Energie+, 2015).

Toutes ces dynamiques locales ont eu et auront probablement encore un rôle non-négligeable à jouer pour la filière PV. Les communes qui se sont investies dans l'un ou l'autre de ces projets seront à surveiller de près, notamment dans l'étude de la distribution spatiale de la puissance PV (PARTIE I).

4.2. Chronologie du développement PV belge en lien avec les mécanismes de soutien

4.2.1. La genèse : la loi de sortie du nucléaire

Tout commence au début des années 2000, où l'idée de sortir du nucléaire, souvent remis en question à cause des risques d'accidents et de la production de déchets toxiques, se fait de plus en plus insistante. Il en ressort la « Loi sur la sortie progressive de l'énergie nucléaire à des fins de production industrielle d'électricité », établie le 31 janvier 2003. Celle-ci porte sur les réacteurs à fission déjà existants sur le territoire belge ou en projet de construction, et elle fixe un calendrier pour désactiver progressivement les différentes centrales. Certaines infrastructures comme Doel 1 et Doel 2 devaient déjà cesser la production en 2015 mais la loi a été revue le 28 juin 2015 justement, pour assurer la sécurité d'approvisionnement du pays et laisser plus de temps pour trouver des alternatives, ce qui a abouti au scénario de sortie suivant : Doel 3 en 2022, Tihange 2 en 2023, et toutes les autres (Doel 1,2,4 et Tihange 1&3) en 2025 (Banque Carrefour de la législation, 2015 ; SPF Economie, 2013b).

En 2007 déjà, la production d'électricité se basait environ à moitié sur l'énergie nucléaire, atteignant même 75% du mix électrique en RW (SPW, s.d.). Cette forme d'énergie a tout de même l'avantage d'être très bon marché et dépourvue d'émissions de CO2. C'était donc un grand pas à réaliser que de vouloir sortir du nucléaire, mais l'idée était de combler le trou laissé par cette énergie avec des SER. C'est l'une des grandes raisons pour laquelle des mécanismes de soutien ont été imaginés suite à cette loi de 2003, afin de développer le solaire PV aux côtés de l'éolien, du solaire thermique, etc. (Kunsch, 2015).

4.2.2. Le système de soutien de 2008-2009 et l'effet d'aubaine

Ainsi, à partir de 2008 sont lancées plusieurs mesures (détaillées au point 4.1 et dans le tableau récapitulatif ci-après, page 27) :

- Un soutien fédéral sous la forme d'une réduction d'impôts.
- Des primes régionales à l'installation, assez variables d'une région à l'autre (absence en RF), sans oublier les primes accordées plus localement par certaines communes.
- Un tarif d'achat garanti, sous la forme de « certificats verts », qui permet de revendre les excédents d'électricité verte produits avec l'installation. Ce système diffère également sur certains points entre RF, RW et RBC.

Cette combinaison d'incitants a rapidement porté ses fruits, avec plus de 500 MWc installés dès l'année 2009. Et pour cause, le soutien était très conséquent. En référence au tableau 3 ci-après et grâce aux données collectées dans divers documents, notamment de l'IBGE, tentons une simulation, relativement grossière, pour le cas d'une installation chez un particulier en RBC en 2009.

A l'époque, « le prix moyen d'une installation PV se situait, à Bruxelles, entre 5,5 et 8€ par Wc, TVAC, pour des panneaux standards au silicium polycristallin. Le prix moyen en 2008 était de 6,9€/Wc » (IBGE, 2009). Il faut considérer un coût matériel de 80% et un coût d'installation de 20% (IBGE, 2009). Dans l'idée de maximiser les primes et les aides fédérales, et d'avoir une installation d'une envergure standard, nous choisissons une installation de 20m² d'une puissance de 2,5 kWc. En termes de coûts donc, il faut compter 2500 Wc x 7€/Wc (moyenne de 2008) = 17500€ pour le matériel. Il faut ajouter à cela 4375€ pour l'installation (20% du total), pour un total de 21875€, arrondi à 22000€. En

Belgique, une estimation de la production serait de 800 kWh/kWc/an, sans être trop optimiste. Cela donne donc une puissance annuelle, pour la présente installation, de 2,5 kWc x 800 kWh/kWc/an = 2000 kWh = 2 MWh (Energethique, s.d.a).

Considérons maintenant les différents incitants (toujours en référence au tableau ci-après, page 27) :

- Le plafond de 3600€ de la déduction fiscale est atteint.
- Avec des conditions d'isolation remplies, les primes régionales permettent d'obtenir 2500 Wc x 3€/Wc = 7500€.
- On a une production de 2 MWh/an, autrement dit l'équivalent de 14,54 CV par an pour cette installation de 20m². Donc, 14,54CV/an x 90€/CV = 1308€/an.
- Estimons l'aide communale à 500€, comme c'était le cas dans les communes d'Etterbeek, Ixelles, Berchem-Sainte-Agathe, Koekelberg et Saint-Josse-ten-Noode (Energethique, s.d.a). Il y avait également moins de taxes communales, ce qui revient à un avantage moyen de 225€ (IBGE, 2009).

→ 22000€ (investissement) – 3600€ (déductions fiscales) – 7500€ (primes régionales) – 500€ (primes communales) – 225€ (déduction de taxes communales) = 10175€ sans les CV.

Avec 1308€ de CV par an, l'installation allait donc être remboursée en 7,78 années (7 ans et 9 mois environ).

Cependant, il ne faut pas oublier les économies sur les factures d'électricité qui sont réalisées. Avec le prix moyen de l'électricité du réseau de l'époque, c'est-à-dire 18,6 cent/kWh (Eurostats, 2013), on avait 2000 kWh x 0,186€/kWh = 372€ d'économie par an. Prudence toutefois : cela reste une estimation assez grossière puisque le prix de l'électricité est très volatil, notamment entre les différents moments de la journée. Donc en combinant les CV et les économies sur les factures d'électricité, cela donne 1308€/an (CV) + 372€/an (factures) = 1680€/an.

On arrive finalement à un temps de retour sur investissement de 6,05 années, arrondi à 6 ans. Cette situation laissait aux particuliers encore 4 ans pour profiter des CV (autrement dit un gain net de +-5200€), sans compter toutes les économies de facture d'électricité sur toute la durée de vie de l'installation. Ces dernières déclinent néanmoins au fil des années, en même temps que la productivité du système (Energethique, s.d.a ; IBGE, 2009).

Tableau 3 : Evolution des mécanismes de soutien au PV en Belgique entre 2009 et 2015 (CWaPE, 2014b ; BRUGEL, 2014b ; EF4, s.d.d ; Energethique, s.d.a, s.d.b, s.d.c)

ANNEE	REGION FLAMANDE		REGION BRUXELLES-CAPITALE		REGION WALLONNE	
	2009	**2015**	**2009**	**2015**	**2009**	**2015**
Soutien fédéral	Idem RBC.	Supprimé.	Pour un montant de 40% de la facture, plafonné à 3600€.	Supprimé.	Idem RBC.	Supprimé.
Primes régionales	X	X	3€ / Wc installé, avec plafond de 50% de la facture, conditions sur l'isolation et un bon dimensionnement de l'installation (ne peut dépasser la consommation).	Seulement pour les bâtiments neufs passifs ou rénovés "basse-énergie" -> 3 catégories de revenu : 0,25€/Wc, 0,5€/Wc et 1€/Wc.	Remboursement de 20% de la facture, plafonné à 3500€.	Supprimé.
Certificats verts	CV attribués par le gestionnaire du réseau : prix minimum garanti de 450€/CV, 1CV/MWh pendant 20 ans.	CV supprimés pour les petites installations domestiques.	Environ 90€/CV. 7,27 CV/MWh pour les 20 premiers m², 5,45 CV/MWh pour les 40m² suivants et 3,63 CV/MWh pour la surface restante (> 60m²).	Environ 85€/CV et 2,4 CV/MWh, pour un temps de retour sur investissement de 7 ans.	SOLWATT : Prix garanti minimum de 65€ pour les 15 premières années.	QUALIWATT : CV remplacés par des primes annuelles pendant 5 ans pour un temps de retour sur investissement de 8 ans.
Primes communales	Idem RBC.	Plus rare.	Diminution d'impôt communal correspondant minimum à 6% de la réduction fiscale fédérale + primes dans certaines com.	Beaucoup plus rare (voir tendances 2014).	Idem RBC.	Plus rare. Plutôt des groupements d'achat ponctuels.

4.2.3. Le rôle de l'industrie chinoise

Détectant l'opportunité qui se présentait avec les politiques européennes de soutien au PV, la Chine s'est spécialisée dans la production de modules PV devenant dès 2007 le plus gros producteur du monde (comme expliqué en page 18) (IEA, 2014). Avec beaucoup de recherche et développement et une main d'œuvre très bon marché, le pays est arrivé à réduire considérablement les coûts des panneaux (Qiang et al., 2014). En plus de cela, le gouvernement chinois était soupçonné d'alimenter cette industrie avec des subsides illicites pour faire encore baisser les prix (Kunsch, 2015), à tel point que les entreprises chinoises étaient accusées de dumping[1] par les concurrents européens qui tombaient en faillite (Qiang et al., 2014). L'avantage a été de faire de grandes avancées technologiques dans le domaine, et cela a aussi changé la donne pour les temps de retour sur investissement des particuliers (Kunsch, 2015).

Reprenons la simulation précédente, avec cette fois une réduction des coûts matériels de 50%, arrivant donc à 3,5€/Wc. Cette estimation est à nouveau vue à la hausse, sachant que la Chine avait fixé, en 2012, un objectif de 0,87€/Wc pour 2015. Des mesures anti-dumping ont cependant été prises depuis lors (Prosun, s.d.). Quoiqu'il en soit, avec ce scénario, l'investissement de départ est réduit à 3,5€/Wc x 2500 Wc = 8750€ pour le matériel. En rajoutant 4375€ d'installation en considérant que ces coûts n'ont pas changé, cela donne 13125€. Avec les mêmes aides, le calcul de la rentabilité financière est le suivant :

13125€ - 3600€ - 7500€ - 500€ - 225€ = 1300€ sans les CV et les économies d'électricité.

L'installation serait du coup rentabilisée en moins d'un an, ce qui semble peu réaliste (vu que le soutien a également évolué en parallèle), mais cela prouve l'importance de la stratégie industrielle chinoise sur le marché PV mondial.

4.2.4. La spéculation et l'explosion du marché des certificats verts

Avec un tel rendement, stimulé par des incitants financiers très conséquents et des coûts d'investissement de plus en plus bas, pas étonnant que la technologie PV ait eu autant de succès en Belgique à ses débuts. C'est ainsi que sont installés plus de 500 MWc en 2009 et environ 400 MWc en 2010 (voir figure 7 ci-après).

[1] Le dumping se définit comme l'exportation d'un produit à un prix inférieur à la valeur normale du produit sur son propre marché national (Prosun, s.d.)

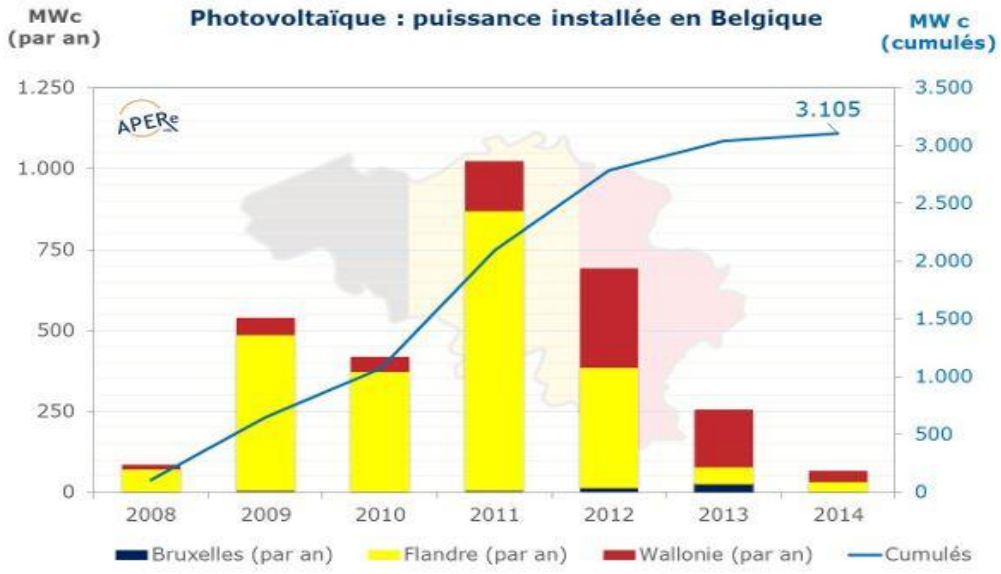


Figure 7 : Evolution de la puissance PV installée en Belgique, détaillé par région (APERe, 2015)

En constatant cette croissance très rapide, la RW a d'ailleurs rapidement réduit ses primes au PV jusqu'à les supprimer complètement. Concernant les CV, seuls les fournisseurs pouvaient jusque-là les racheter à un prix garanti aux particuliers et aux entreprises. Mais les installations se faisaient tellement nombreuses que le marché des CV s'est retrouvé perturbé. Avec des quotas d'achats qui ne suivaient pas, l'offre surabondante de CV dépassait largement la demande. Cela tirait les prix des CV vers le bas (en Wallonie : 85€ en 2010, 82€ en 2011, 68€ en 2012) et les acheteurs commençaient à s'inquiéter (à tort) de la rentabilité de leur installation (Mulenaere, 2012).

C'est en RW que le marché était le plus saturé, la RF ayant réagi plus rapidement pour diminuer puis supprimer les mécanismes de CV, pour les petites installations domestiques en tout cas. Les fournisseurs disposant d'un surplus de certificats pour rentrer dans leurs quotas, « une réglementation a été élaborée, tant au niveau fédéral qu'au niveau des trois régions, en vertu de laquelle les gestionnaires de réseau de transport (Elia pour l'électricité) doivent acheter des CV à un prix minimum garanti de 65€ » (Elia, s.d.). En parallèle, le gouvernement wallon a tout de même réalisé que cela allait trop loin et a donc décidé, en plus d'avoir mis fin aux primes en RW, de supprimer les déductions fiscales et ce, pour les 3 régions. En laissant du temps avant de prendre des mesures concrètes, de nombreux ménages (estimés à 120000) se sont dépêchés d'investir dans une installation pour encore profiter de cet avantage (Kunsch, 2015). Ceci explique notamment la croissance record du marché wallon en 2012 (voir figure 7). Le marché est noyé sous des masses de CV et même Elia se retrouve submergé face à des quantités qui dépassent les réalités de la production (Kunsch, 2015).

4.2.5. *L'influence sur les factures d'électricité*

Après les mécanismes de soutien, le dumping chinois et l'effet d'aubaine lié aux CV, un autre effet a découlé du développement des installations PV. Il faut déjà savoir que sur les 20c/kWh payés pour l'électricité du réseau, plus de la moitié revient aux transports, donc au réseau de distribution d'Elia. Avec leurs installations, les détenteurs de panneaux voyaient leurs factures d'électricité largement réduites, comme on a pu le voir avec la simulation en RBC. Un ménage qui consommait typiquement 3500 kWh/an passait par exemple à 1500 kWh/an avec une installation de 2,5 kWc. Le problème est que le réseau de distribution ne voit pas ses coûts changer, puisque ce sont des coûts fixes. Comme il y a moins de kWh consommés sur le réseau du côté des détenteurs de panneaux, les recettes des distributeurs se trouvent réduites. Pour compenser cela, le prix du kWh du réseau distributeur

grimpe et les factures d'électricité des non-détenteurs de panneaux PV augmente (Voir schéma en figure 8, attention au sens des flèches : + = relation proportionnelle ; - = relation inversement proportionnelle) (Kunsch, 2015).

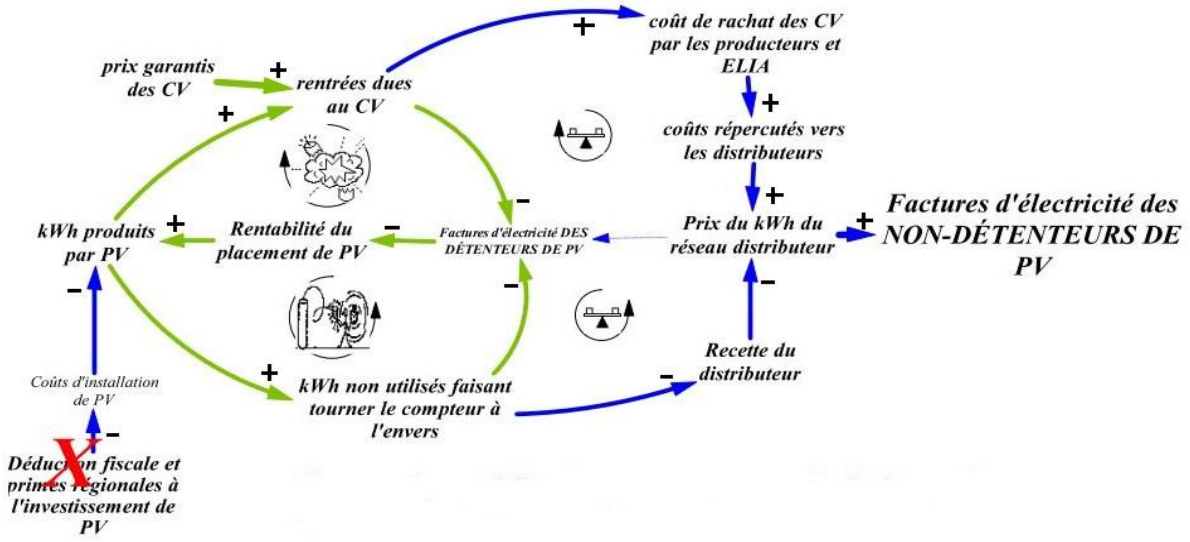


Figure 8 : Dynamique du système des CV et influence sur les factures (Kunsch, 2015)

Cette problématique fait l'objet de grands débats à l'heure actuelle. Pour y remédier, la CWaPE a par exemple proposé d'instaurer une redevance-réseau pour les détenteurs de panneaux PV, à hauteur de 55€/kWc et par an. Les propriétaires de panneaux vont en fait devoir payer les coûts liés aux infrastructures, coûts auxquels ils échappent grâce à des factures d'électricité fortement diminuées, ce qui n'est pas le cas pour les non-détenteurs de panneaux. Présenté comme un « retour à la normale » par le porte-parole d'Ores (Condijts & Durand, 2013), ce mécanisme devrait effectivement réduire le coût du réseau pour les personnes qui ne possèdent pas de panneaux. Mais sa mise en œuvre pour 2015 ayant été annoncée comme techniquement irréalisable, celui-ci ne prendra effet qu'en 2017 (Counasse, 2014).

4.2.6. La situation aujourd'hui

L'ensemble de ces phénomènes a donc poussé les 3 régions à revoir leurs fonctionnements respectifs en matière de soutien au PV, ce qui est à nouveau illustré sur le tableau 3 (page 27). Mais finalement, même avec les nouveaux mécanismes, qui devront tout de même faire leurs preuves dans les années à venir, l'installation de panneaux PV semble encore rentable. Les temps de retour sur investissement annoncés sont ainsi de 8 ans en RW avec Qualiwatt et de 7 ans en RBC, ce qui apparaît comme plus raisonnable qu'en 2009. Malgré tout, la situation du PV est précaire depuis 2014, comme illustré en figure 7 (page 29), ce qui traduit une réelle perte de confiance dans la filière. Son potentiel n'en reste pas moins très intéressant, mais il est nécessaire de relancer le marché PV pour qu'il s'épanouisse à nouveau en Belgique.

Typiquement, on a tendance à dire que les détenteurs de panneaux sont issus des classes plus aisées, tandis que les classes plus modestes ne peuvent se permettre une installation PV. Cela reviendrait à ce que les riches s'enrichissent encore grâce à leurs installations, et que les « pauvres » paient les conséquences du système en voyant leurs factures d'électricité augmenter. Mais il n'est pas encore prouvé que seules les classes sociales les plus aisées aient installé des panneaux, et une tendance différente remettrait en question cet accroissement des inégalités. C'est d'ailleurs là l'un des grands objectifs de ce mémoire : mieux comprendre qui a installé des panneaux PV ces dernières années dans le contexte belge, du côté des particuliers comme des entreprises, et d'émettre en définitive des recommandations pour relancer la filière.

Problématique et cadre d'analyse

1. Problématique et questions de recherche

Après une mise au point théorique sur la technologie solaire PV existante et sur les technologies prometteuses dans le domaine, la revue de la littérature a permis de constater un fort contraste entre un marché PV mondial en pleine croissance et une UE qui peine à encore développer ce secteur. La Belgique n'échappe d'ailleurs pas à la récession touchant l'UE et présente un pourcentage de nouvelles installations très pauvre pour l'année 2014 (SmartGuide, 2013). En matière de soutien, le pays se rapproche assez bien du modèle de marché de l'Allemagne, avec notamment le mécanisme régional des certificats verts. Ce dernier a fait l'objet de beaucoup de spéculations depuis ses débuts dans les 3 régions, et la crise de ces CV connue quelques années plus tard, surtout en RW, est l'une des causes du coup d'arrêt subi par le secteur. Outre le remaniement des mécanismes de soutien déjà effectué (exemple de Qualiwatt en Wallonie) et le plan de redevance réseau prévu pour 2017, plusieurs pistes peuvent déjà être dégagées pour assainir et relancer la filière :

- Un recours accru aux dynamiques locales, puisque celles-ci semblent faire leurs preuves, comme avec les nombreuses communes ayant participé aux campagnes POLLEC. Les salons de type Batibouw, Energie+ ou encore la Foire de Libramont constituent d'excellents outils de communication, et le principe des achats groupés gagnerait à être plus populaire.
- Un changement de modèle : pourquoi ne pas s'essayer au modèle américain et à son principe de propriété par un tiers, inspiré de l'économie de la fonctionnalité ? Les avantages sont en effet non-négligeables : clients déchargés de l'investissement de départ et des démarches administratives, prix réduit et fixe de l'électricité, création d'emploi via les entreprises de services solaires, etc. (Strupeit & Palm, 2015). Des études de faisabilité et d'incidence seraient évidemment nécessaires pour un tel changement de paradigme.
- …

Afin d'émettre davantage de propositions de ce genre, il faut avant tout comprendre, de manière plus objective (par rapport à ce qui est diffusé dans la presse notamment, cfr. « Cantons de l'est, page 39), les moteurs et les freins à l'adoption de la technologie PV en Belgique. La première question à se poser est de savoir comment se répartissent les installations PV en RBC et en RW, pour les ménages et les entreprises. Certaines communes/provinces/régions sont-elles plus équipées que d'autres ? Des effets « grappes » sont-ils observables ? Quels sont les rapports entre les villes et les campagnes en RW ? Quelques hypothèses à ce sujet seront détaillées dans la partie consacrée à l'étude de la distribution spatiale (PARTIE I).

De là, il s'agira d'étudier plus en détails cette distribution spatiale en faisant intervenir des paramètres socio-économiques pour les ménages d'une part (analyse statistique), et pour les PME d'autre part (entretiens semi-directifs). Grâce à ces données, issues de différentes sources, il devrait être possible de voir quel(s) profil(s) socio-économique(s) a/ont le plus recours au photovoltaïque, et quels critères comptent le plus. Ainsi, les mécanismes de soutien ont dû potentiellement favoriser l'essor du solaire photovoltaïque en rendant l'investissement d'autant plus attractif. Mais certains publics ont dû saisir cette opportunité dans une plus large mesure que d'autres :

- Les ménages ayant la possibilité d'investir, ceci dépendant du revenu, de la tranche d'âge, de la typologie de l'habitat, etc. Voir PARTIE II.
- Les entrepreneurs issus d'activités diverses comme l'agriculture, les professions liées à l'environnement, etc. Voir PARTIE III.

En définitive, le but de ce mémoire est de mieux comprendre le parc photovoltaïque belge actuel, en termes de distribution spatiale mais aussi par rapport au caractère socio-économique de la demande, incluant le recours aux mécanismes de soutien. De cette manière, certaines recommandations pourront être émises pour relancer cette filière en déclin.

2. Cadre d'analyse

Premièrement, il est important de préciser le type d'installation étudié. En l'occurrence, ce sont les installations destinées aux ménages et aux entreprises, connectées au réseau de distribution et fournissant de l'électricité au client ou directement au réseau électrique, qui feront l'objet de ce mémoire. Les systèmes PV hors-réseau, nécessitant une batterie de stockage procurant de l'énergie pendant les périodes de faible illumination, ne seront a priori pas pris en considération. De plus, en termes de puissance, pour le cas des particuliers, ce sont les installations dites « de petite taille » qui sont étudiées, c'est-à-dire de moins de 10 kWc. Pour les PME par contre, la puissance pourra éventuellement dépasser les 10 kWc (comme cela peut rapidement être le cas pour les entreprises de plus grande taille), entrant alors dans la catégorie des installations de grande puissance (Energie Facteur 4, 2014). Sinon, le fait que le système ait été installé par surimposition, sur toiture plate, par structure au sol ou autre (GreenEnergy4Seasons, 2014) ne sera pas expressément spécifié, sauf si cela se révèle être judicieux.

Il est ensuite important de définir la zone d'étude du mémoire. Au départ, il était prévu de s'intéresser à l'ensemble de la Belgique, mais plusieurs facteurs ont poussé à se restreindre à la RBC et RW. En effet, à l'exception de l'enquête socio-économique nationale de 2001, des données de census de 2011 et des données électorales, chaque set de données (sur les installations, sur les primes, etc.) devait être recherché et ensuite inséré dans une seule base de données pour chacune des régions. En conséquence, pour des raisons de faisabilité, il a été décidé de se focaliser sur la RBC et sur la RW, permettant qui plus est de contourner la barrière de la langue en faisant abstraction de la RF. Toutefois, cela laisse une porte ouverte à une éventuelle autre étude centrée sur la RF, pouvant tenir compte des enseignements méthodologiques de ce mémoire.

Par ailleurs, une autre limite des données utilisées impose d'adopter deux méthodologies différentes pour les ménages et les PME. En effet, pour le cas de la RBC par exemple, les ménages et entreprises sont bien tous recensés dans la liste des installations PV de la région. Par contre, les données socio-économiques de 2001 et 2011 sont propres aux ménages et il paraît peu pertinent de les appliquer aux PME. Si une analyse statistique est donc possible pour les ménages, une autre méthode va être envisagée pour les PME, à savoir la réalisation d'interviews auprès de quelques entreprises. Deux méthodologies très différentes seront donc adoptées respectivement pour les ménages et pour les PME, l'une quantitative et l'autre plus qualitative. Le fait de prendre en considération les PME en plus des ménages constitue l'une des originalités de ce mémoire. C'est pourquoi il était important de trouver un compromis pour aborder les deux types d'acteur.

Concernant l'analyse statistique effectuée pour les ménages, il est essentiel de préciser que l'extraction des paramètres socio-économiques pour les installations PV se fera au mieux à l'échelle du secteur statistique. En d'autres termes, deux installations différentes mais se trouvant dans le même secteur statistique se verront attribuer le même profil socio-économique. Néanmoins, pour se donner une idée, la RBC à elle-seule se partage en 724 secteurs statistiques (Observatoire de la santé et du social B-C, 2014), ce qui apparaît comme une échelle déjà relativement fine. A nouveau pour des raisons de faisabilité et de masse de travail, cette analyse statistique ne se portera que sur la RBC justement. En effet, la RW a dû être écartée de cette analyse, mais le cas de cette région est déjà relativement détaillé dans les PARTIES I et III. A nouveau, rien n'empêche dans le cadre d'une autre étude, de mettre en œuvre cette analyse statistique pour la RW, si elle s'avère probante pour la RBC.

Au fil des entretiens avec les responsables d'entreprises, un type d'acteur s'est révélé essentiel dans l'horizon photovoltaïque belge : ce sont les installateurs. Il a donc été décidé, à un moment du parcours, d'aussi s'intéresser à leur cas. Un seul installateur a été interviewé, mais celui-ci est actif à la fois en RW et en RBC. Le tableau 4 ci-après reprend donc les différentes étapes méthodologiques du mémoire, et précise ce qui est étudié pour chaque région :

Etapes du mémoire :	Région wallonne (RW)	Région Bruxelles-Capitale (RBC)	Région flamande (RF)
Etude de la distribution spatiale (PARTIE I)	✓	✓	×
Etude quantitative pour les particuliers (PARTIE II)	×	✓	×
Etude qualitative pour les entreprises (PARTIE III)	✓	✓	×
+ Etude qualitative (brève) pour les installateurs (dans PARTIE III).	✓	✓	×

Tableau 4: Etapes méthodologiques du MFE, détaillées par région

Pour finir, après avoir posé le cadre spatial et l'échelle d'analyse, des précisions sur le cadre temporel s'imposent. Les bases de données sur les installations incluent des systèmes mis en services sur différentes années, tant que celles-ci sont en fonction. Elles seront évidemment toutes prises en considération, sans particulièrement tenir compte des dates d'installation, sauf si cela s'avère nécessaire ou judicieux pour l'analyse. A noter également que certains décalages temporels existent entre toutes les bases de données utilisées. Par exemple, l'analyse statistique des particuliers en RBC fait appel à la fois à l'enquête socio-économique de 2001 et au census de 2011. Le choix des indicateurs a cependant été fait de manière à ce que ce décalage dans le temps ne pose pas trop de problème (Voir PARTIE II pour plus de détails, page 59).

PARTIE I : Etude de la distribution spatiale du parc photovoltaïque bruxellois et wallon

1. Introduction

Avant d'entreprendre une quelconque analyse approfondie des liens entre la puissance PV installée en Belgique et le profil des personnes ou entreprises qui disposent de ces installations, il convient avant tout de comprendre comment se distribuent spatialement les installations dans les régions étudiées. Dans cette partie, il a donc été entrepris une cartographie de la puissance PV installée, respectivement pour les particuliers et pour les entreprises, en RBC et en RW. Ceci permettra d'appuyer la question de recherche avec plusieurs hypothèses, tout particulièrement pour l'analyse statistique dont les particuliers bruxellois font l'objet dans la partie suivante.

2. Méthodologie

2.1. Données utilisées

La première variable, la plus centrale et indispensable pour ce mémoire, était la puissance PV installée en RBC et RW. Le but était évidemment de trouver des données les plus récentes, les plus précises et les plus exhaustives possible :

- BRUGEL, régulateur bruxellois de l'énergie (BRUGEL, 2014b), a pu fournir, après mise en place d'un accord de confidentialité, la liste des installations photovoltaïques en RBC avec le type de client (particulier/entreprise privée/entreprise publique), l'adresse exacte, la puissance nominale de l'installation, et la date de mise en service. Cette base de données permet de distinguer facilement particuliers et entreprises mais surtout de travailler au moins à l'échelle des secteurs statistiques.
- La CWaPE est le régulateur de la région wallonne (CWaPE, 2014b). De ce côté, les démarches ont été plus laborieuses d'un point de vue juridique pour obtenir des données de puissance détaillées par installation. En conséquence, le choix s'est finalement porté sur les bases de données disponibles en ligne sur le site de la CWaPE, qui distinguent les installations de 10kW et moins (y compris solaire PV, hydraulique, éolien, biomasse, cogénération biomasse et cogénération fossile) et les installations de plus de 10 kW (spécifique à la filière solaire PV). Ces données sont moins précises (à l'échelle des communes) et regroupent plusieurs filières dans le cas des petites installations, même si le solaire PV est très probablement majoritaire. Cela convient toutefois pour les usages dont elles font l'objet dans cette étude.

En complément, des données de la population issues du Census de 2011 ont été utilisées (Census, 2011), notamment pour ramener la puissance installée au nombre d'individus par commune ou par secteur statistique. Certains fonds de carte ont par conséquent aussi été exploités : une couche des secteurs statistiques du CIRB (CIRB, 2011) et une couche des communes du PRAS (PRAS, 2014) pour Bruxelles, ainsi qu'une couche des communes issue du Plan de Secteur (Plan de Secteur, 2007) pour la Wallonie.

2.2. Méthode

Avec l'aide de ces bases de données et fonds de carte, la présente cartographie a nécessité l'usage de 3 outils/logiciels en particulier :

- Batchgeocodeur = Outil en ligne, qui permet de géolocaliser des adresses précises en retrouvant leurs coordonnées géographiques (Batchgeocodeur, 2007).
- Microsoft Office Excel 2007 = Tableur pour le traitement des bases de données.
- QGis (version 2.8.1) = Système d'Information Géographique, en logiciel libre, qui permet de visualiser et traiter les données géolocalisées, et de les présenter en cartes (ADESS & CNRS, s.d.).

2.2.1. *Intégration des données au SIG*

La première étape consiste à intégrer les données de puissance PV au SIG. Selon les bases de données disponibles, deux procédures distinctes devaient être mises en œuvre :

- ***Base de données BRUGEL et installations > 10 kW en RW (CWaPE)***

Pour les données précises d'installations PV auxquelles sont associées des adresses, comme pour la RBC (BRUGEL, 2014) et pour les installations de plus de 10 kW en RW (CWaPE, 2014), il faut tout d'abord retrouver les coordonnées géographiques de ces adresses. Pour ce faire, il est possible de copier un tableau Excel dans l'outil Batchgeocodeur, qui doit reconnaître ces adresses le plus précisément possible, c'est-à-dire numéro, rue, code postal, ville et pays. Pour chaque ligne du tableau Excel, autrement dit pour chaque adresse, cet outil va retrouver la latitude et la longitude, exprimées en degrés décimaux, et renseigner également toutes sortes d'informations secondaires comme la précision du géocodage, le nombre d'adresses trouvées en cas d'erreur, etc. (Batchgeocodeur, 2007). Après quelques manipulations dans Excel, la base de données extraite, avec la puissance PV, les adresses des installations mais aussi leurs coordonnées géographiques, peut finalement être exploitée.

Dans QGis maintenant, il faut d'une part importer un fond de carte, dépendant de l'unité spatiale considérée (communes pour la Wallonie, secteurs statistiques pour la Région bruxelloise). Celui-ci est projeté dans le système du projet, à savoir le Lambert belge 1972 (EPSG:31370). D'autre part, la base de données convertie en format CSV[2] est ajoutée au projet. Après avoir indiqué quelles colonnes correspondent à la latitude et à la longitude, un système de projection est également requis pour cette couche. Comme les coordonnées obtenues sont en degrés décimaux, on optera pour le WGS 84 (EPSG:4326), système géodésique standard mondial (Geographic Information Systems, 2014). On peut alors reprojeter la couche de points obtenue en Lambert belge 1972 (EPSG:31370) de manière à ce qu'elle coïncide avec le fond de carte des communes ou des secteurs statistiques.

Il reste alors à extraire l'information contenue dans ces points, à savoir la puissance PV, pour l'associer à l'unité spatiale. Pour ce faire, il faut faire appel à un outil dans QGis (« Joindre les attributs par localisation ») qui offre la possibilité de cumuler les attributs de points contenus dans un polygone par diverses opérations : somme, soustraction, multiplication, division, moyenne. Dans ce cas-ci, on lui demandera de faire la somme de la puissance PV pour chaque commune ou secteur statistique. A noter que cet outil compte également le nombre de points dans chaque polygone, ce qui revient à calculer le nombre d'Unité de Production Décentralisée (1 UPD = 1 installation) par commune ou secteur statistique.

En définitive, on obtient donc un nouveau shapefile (= couche d'information dans le SIG) où chaque commune/secteur statistique s'est vu(e) attribué(e) une puissance PV totale ainsi qu'un nombre d'installations. De là, il est possible, avec les informations contenues au départ dans le fond de carte ou dans d'autres couches, de calculer d'autres indicateurs tels que la puissance PV par 1000

[2] Comma-Separeted Values, fichier tableur contenant des données sur chaque ligne séparées par un caractère de séparation, en l'occurrence des points-virgules (Microsoft, 2015).

habitants ou encore le nombre d'UPD par 1000 habitants, simplement en calculant de nouveaux champs dans la table attributaire.

- ***Installations ≤10 kW en RW (CWaPE)***

L'autre procédure concerne les bases de données directement composées d'informations par commune ou par secteur statistique, et non plus par adresses précises. C'est le cas des données d'installations de moins de 10 kW de la RW. Dans le cas échéant, on part directement d'un projet dans QGis en Lambert belge 1972 (EPSG:31370) avec un fond de carte des communes de Wallonie. A nouveau, il faut importer la base de données voulue dans le SIG, toujours en format CSV mais sans géométrie, c'est-à-dire que la table est importée telle quelle dans le projet et ne se projette pas sous forme de points comme dans la procédure précédente. On procède alors à une jointure de table entre la couche des communes et la base de données ajoutée. Il s'agit surtout de veiller à ce que les champs de jointure, à partir desquels le lien est créé (en l'occurrence le code des communes, ex : 21001), aient été bien encodés. La couche doit ensuite être ré-enregistrée pour que la jointure de table soit définitive et exploitable. Le résultat est similaire à celui de la première procédure : un nouveau shapefile de communes avec en plus les informations de la base de données (puissance PV, nombre d'UPD, puissance par 1000 habitants, nombre d'UPD par 1000 habitants, …).

Là où cette procédure est plus simple et plus rapide que la première, elle s'avère aussi moins flexible. Il est en effet impossible d'obtenir une échelle d'analyse plus fine que celle de la jointure. Au contraire, l'extraction de points de l'autre procédure, qui nécessite aussi des données plus fines au départ, permet de travailler à des échelles très variables (secteurs statistiques, quartiers, communes, provinces, …) et de passer très facilement d'une échelle à l'autre (il suffit de ré-extraire les points à une autre échelle).

2.2.2. *Cartographie thématique*

Les données sont alors prêtes à être mises en cartes. Plusieurs alternatives sont possibles pour représenter des quantités : les symboles proportionnels, la densité, les semis de points, ... Seules les deux premières seront cependant envisagées :

- ***Les cartes en symboles proportionnels :***

Cette méthode s'applique dans le cas de valeurs absolues, comme des effectifs de population par exemple. Un symbole, souvent un point, est attribué à chaque commune ou secteur statistique (le centroïde de chaque polygone), et la surface de ce point va varier proportionnellement en fonction de la valeur qu'on veut représenter, en l'occurrence une puissance PV cumulée (figures 9, 11, 16 & 18). L'avantage est de pouvoir éventuellement faire varier à la fois la taille du symbole mais aussi sa couleur et sa forme (ADESS & CNRS, s.d.). Une variante de cette méthode est de représenter des diagrammes en camemberts, qui intègrent plusieurs variables et dont la taille varie proportionnellement par rapport au total de ces variables. Par exemple, cette technique a été utilisée pour comparer la contribution à la puissance PV totale des particuliers d'une part, et des entreprises d'autre part, et la taille des camemberts est proportionnelle à cette puissance totale (Figures 13 & 20)[3].

[3] Dans un souci de représentation, ces cartes en symboles/diagrammes proportionnels ont en plus dû être triées de sorte à ce que les plus gros cercles apparaissent derrière les plus petits (et pas l'inverse), à l'aide de l'extension MMQGis.

- ***Les cartes de densité :***

Cette méthode s'applique à des valeurs relatives cette fois, comme des valeurs de densité de population par exemple. Après avoir calculé un champ de densité, comme la puissance PV par 1000 habitants ou le nombre d'UPD par 1000 habitants, on fait varier la couleur des communes ou secteurs statistiques en fonction de cette densité (figures 10, 12, 17 & 19) (ADESS & CNRS, s.d.).

Il faut donc classer les valeurs représentées, et il existe pour cela plusieurs méthodes de discrétisation. La classification par intervalles égaux, tout d'abord, divise la plage de valeurs attributaires en sous-catégories de même taille. La méthode des effectifs égaux, pour sa part, fait en sorte que chaque classe contienne un nombre identique d'entités. Il en existe encore d'autres, mais celle qui semblait la plus appropriée pour les données de puissance PV ici utilisées est la méthode de classification par seuils naturels de Jenks. Les classes sont en l'occurrence fonction des regroupements naturels inhérents aux données. « Les interruptions de classe sont identifiées parmi celles qui regroupent le mieux des valeurs similaires et optimisent les différences entre les classes » (ArcGis, 2012). Plus adaptée pour une distribution de données dissymétriques comme celle-ci et pour étudier une configuration spatiale, cette méthode est par contre très dépendante des données utilisées, ce qui limite les possibilités de comparaison (ArcGis, 2012 ; Rican, s.d.).

Le tableau 5 ci-après résume donc quelles cartes ont été produites pour représenter le parc PV en RW et en RBC, avec les méthodes associées :

Tableau 5 : Cartes du parc PV en RW et RBC réalisées

Région	Titre simplifié	Méthode	Référence de figure et de page
RW (communes)	Puissance cumulée pour les installations < 10 kW	Symboles proportionnels	9, page 43.
	Puissance cumulée pour les installations > 10 kW	Symboles proportionnels	10, page 44.
	Puissance relative à la population pour les installations < 10 kW	Densité (avec Jenks)	11, page 45.
	Puissance relative aux zones industrielles pour les installations > 10 kW	Densité (avec Jenks)	12, page 46.
	Contribution des installations < 10 kW et des installations > 10 kW à la puissance totale	« Camemberts » proportionnels	13, page 47.
RBC (secteurs stat.)	Puissance cumulée pour les particuliers	Symboles proportionnels	16, page 51.
	Puissance cumulée pour les entreprises	Symboles proportionnels	17, page 52.
	Puissance relative à la population pour les particuliers	Densité (avec Jenks)	18, page 53.
	Puissance relative aux zones industrielles pour les entreprises	Densité (avec Jenks)	19, page 54.
	Contribution des particuliers et des entreprises à la puissance totale	« Camemberts » proportionnels	20, page 55.

3. Résultats et analyses

3.1. Région wallonne

Faute de réaliser une analyse statistique approfondie pour cette région, comme pour la RBC, la RW fait déjà l'objet d'une description relativement plus poussée dans cette section. Plusieurs facteurs explicatifs sont donc déjà mis en lumière, notamment grâce à un entretien avec David Germani, coordinateur de la plateforme des ER à la Confédération de la Construction.

3.1.1. Particuliers[4]

En valeurs absolues, en référence à la carte par symboles proportionnels (figure 9, page 43), les plus grandes puissances ont tendance à se concentrer là où la population est la plus importante, c'est-à-dire dans les communes fortement urbanisées comme Namur (17200 kWc), Charleroi (11300 kWc), Liège (11000 kWc) ou encore Mons et Tournai. La province du Luxembourg, au contraire, montre pour cette raison des puissances cumulées plus faibles, ce qui donne une opposition nord-sud. Mais il y a un aspect « superficie » à ne pas négliger sur cette carte. En effet, les communes ne sont pas toutes de la même étendue, et elles sont justement de taille assez réduite dans le nord de la Wallonie mais plus grandes au sud. Cela se remarque particulièrement aux alentours de Liège, donnant une impression de puissance très importante. Cet aspect « densité de population » n'est donc pas à négliger.

La carte par plages (figure 10, page 44) permet justement de tenir compte au moins de l'effet de population. Attention toutefois à l'effet inverse : des communes avec très peu d'installations mais aussi très peu peuplées, peuvent donc se voir attribuer des valeurs excessivement élevées. Et dans la même idée, la contribution massive des grandes villes au parc PV ne doit pas être oubliée. Quoiqu'il en soit, il résulte de cette carte une distribution géographique radicalement différente, avec plutôt une opposition est-ouest cette fois. Les communes urbanisées citées précédemment, très peuplées, se retrouvent toutes dans la plus faible catégorie de puissance par millier d'individus. Dans l'ensemble, les provinces de Liège et du Luxembourg apparaissent comme les plus desservies. Des effets « grappes » sont aussi plus facilement observables, comme avec les 3 communes de Nandrin, Tinlot et Clavier au sud-ouest de Liège. Les communes de l'est, à la frontière allemande, comme Bullange (725 kWc/1000hab), Amel (650 kWc/1000hab), Saint-Vith (585 kWc/1000hab) et Waimes (530 kWc/1000hab) sont toutes dans le top 10, voire dans le top 5 des communes ayant le plus installé per capita. Quelques communes plus isolées sortent aussi du lot : la commune de Flobecq, perdue dans une province du Hainaut très pauvre en kWc installés par rapport à sa population, ou encore la commune d'Etalle près d'Arlon.

Alors comment expliquer cette distribution spatiale chez les particuliers wallons ? Plusieurs éléments de réponse peuvent déjà être apportés :

- ***Le rôle du revenu des ménages et le Brabant wallon***

Un premier aspect à considérer prioritairement est celui du revenu. En effet, le fait d'installer chez soi des panneaux PV a tendance à être vu comme un signe de richesse pour le ménage, vu les investissements conséquents que cela nécessite. Mais alors comment expliquer que la filière PV soit si peu implantée en Brabant wallon, comme illustré sur les deux cartes vues précédemment, alors que cette province a la réputation d'abriter les revenus les plus aisés de la RW. Selon David Germani, trois classes de particuliers peuvent être distingués :

[4] Pour rappel, la CWaPE ne précise pas explicitement que les installations de moins de 10 kW sont destinées aux particuliers, mais on peut supposer avec un grand degré de certitude que les particuliers sont majoritaires dans cette catégorie.

- La classe avec les revenus les plus modestes, qui ne peuvent pas se permettre d'investir dans une installation PV (refus bancaire, …) ou qui ont d'autres priorités.
- Les classes moyennes, qui exploitent le plus la filière PV car ils ont énormément d'intérêts à le faire. Ils n'ont effectivement pas trop de problème à se procurer un prêt bancaire pour l'investissement de départ et ils disposent d'infrastructures suffisantes (taille de toit, solidité, …) pour installer des panneaux (Germani, 2015). Ceux-ci peuvent aussi plus facilement s'investir sur le plan environnemental, vu que leurs besoins primaires sont satisfaits (Furfari, 2012). Cette classe a donc tout intérêt à investir, vu les économies qui peuvent être réalisées.
- Vient finalement la CSP+ (Classe Socio-Professionnelle supérieure). Comme les revenus de ces ménages sont déjà amplement suffisants, ils ne ressentent pas le besoin d'avoir recours au PV pour faire l'une ou l'autre économie. Au contraire, les panneaux poseraient certains problèmes sur le plan esthétique, avec une impression de dévaluation des biens immobiliers.

Si cette catégorisation demeure assez stéréotypée, elle pourrait, en tout cas partiellement, expliquer le cas du Brabant wallon (Germani, 2015). Ceci montre que si le revenu a évidemment un rôle à jouer dans la distribution spatiale du parc PV belge, ces deux variables ne sont pas pour autant proportionnelles et d'autres aspects doivent aussi être invoqués.

- ***Le bouche-à-oreille et les effets « grappes »***

L'impact du bouche-à-oreille dans la diffusion des innovations a tendance à être sous-estimé et ce mécanisme pourrait peut-être expliquer les effets « grappes » observés par exemple avec les communes de Nandrin, Tinlot et Clavier. Avant toute chose, le démarchage doit aboutir à des installations de qualité, qui répondent aux attentes des clients, de sorte que l'installateur se construise une certaine réputation chez quelques particuliers. A partir de là, il est très fréquent que les clients satisfaits en parlent autour d'eux, à leur voisin, à leur famille, etc. ce qui peut potentiellement donner lieu à une propagation relativement conséquente, de proche en proche, au sein d'une commune voire dans plusieurs communes voisines. D'ailleurs, nous verrons dans le cadre des entretiens auprès des entreprises et de l'installateur MG Energy que la proximité est non-négligeable pour le développement de la filière PV, comme avec l'exemple du démarchage dans la commune de Walcourt ou encore le cas du zoning de Chastrès (Explications en page 86).

- ***Les cantons de l'est et l'influence de la presse***

La situation des cantons de l'est, à la frontière allemande, est assez interpellante. L'un des facteurs pouvant justifier cette installation massive est l'image qui est donnée à la filière PV dans la presse. Ces dernières années en Belgique, la presse francophone a souvent eu tendance à donner une image assez négative des installations PV, sans même peser le pour et le contre de cette technologie. Pour cause, les derniers événements cités précédemment ont suscité une remise en question de la filière : saturation du marché des CV, changements de mécanismes de soutien et plus récemment le débat sur la redevance réseau. Cela s'est traduit dans la presse (pas toujours mais souvent) par des titres « accrocheurs » mais manquant parfois aussi d'objectivité (Germani, 2015). Un bon exemple est l'article du Soir de 2012 qui s'intitule « Il y a le feu aux certificats verts » et qui poursuit avec « Le marché est noyé sous les excédents ; le prix de vente est en chute libre » (Mulenaere, 2012). Certes le marché des CV était problématique à ce moment-là, mais la réaction ne s'est pas fait attendre et le nouveau régime QUALIWATT reste, sur le plan financier, tout-à-fait rentable. Les quelques cas d'incendie sur des toits avec des panneaux PV sont aussi très rapidement saisis par la presse francophone, comme avec l'incendie de toiture qui s'est produit à Visé en 2012. Celui-ci a notamment été relayé par 7sur7 sous le titre « Un panneau photovoltaïque provoque un incendie de toiture à Visé » (7sur7, 2012). Toutefois, l'article ne précise évidemment pas à quel point ce genre d'événement est exceptionnel, ni le fait que cela puisse arriver avec n'importe quel appareil

électrique. Les derniers débats sur la redevance réseau sont aussi l'occasion de diaboliser un peu plus la technologie. Fatalement, l'image du PV est ternie dans toutes les parties du pays qui accèdent à cette presse francophone, et cela se ressent dans les tendances de marché.

Mais les cantons de l'est, avec les communes de Bullange, Amel, ou Saint-Vith, ont la particularité de prêter beaucoup moins attention à la presse francophone et ce, au profit de la presse germanophone. Or, cette dernière semble plus neutre, plus rationnelle vis-à-vis de la technologie PV, dans un contexte où l'Allemagne a encore plus largement misé sur la filière PV pour sa transition énergétique. Du coup, les particuliers résidant dans ces communes font davantage attention aux faits, et se rendent plus facilement compte à quel point le PV reste rentable malgré tous les changements de système (Germani, 2015). Selon l'installateur interviewé, Gilles Magis, qui a beaucoup travaillé dans ces régions, il se dégage effectivement une autre mentalité dans les cantons de l'est et même en province du Luxembourg, où l'influence de l'Allemagne aboutit à des motivations plus écologiques (Magis, 2015). Ceci peut hypothétiquement justifier pourquoi le parc PV de ces communes se porte si bien.

- ***Le cas de la province du Luxembourg***

La province du Luxembourg présente un profil très différent entre la carte en valeurs absolues de puissance et celle en valeurs per capita. Ce sont typiquement des communes assez peu peuplées pour lesquelles un démarchage efficace d'un représentant commercial peut suffire pour avoir de bons résultats per capita. En général, avec beaucoup d'espace disponible, pas mal d'installateurs PV étaient assez portés sur les modèles de suiveurs solaires. Mais les communes ont eu tendance à s'opposer à ce genre de projet, le plus souvent pour des raisons esthétiques. Un autre facteur déterminant dans cette province est la proximité avec le Grand-duché du Luxembourg. La possibilité pour certains ménages de rester habiter en Belgique mais de travailler au Luxembourg, avec les avantages fiscaux que cela implique, permet d'entrer dans la classe de revenu citée précédemment, a priori la plus favorable au développement PV (Germani, 2015).

- ***Les dynamiques locales***

Plusieurs dynamiques locales propres aux ER et parfois spécifiques au solaire PV ont été présentées dans la revue de la littérature (page 24). Celles-ci ont vraisemblablement eu une influence non-négligeable en Wallonie. Par exemple, la commune d'Etalle en province du Luxembourg, juste à l'ouest d'Arlon, semble relativement investie dans la dynamique d'utilisation rationnelle de l'énergie et de recours aux ER, avec encore aujourd'hui l'octroi de primes à l'isolation et à la pose de chauffe-eau solaire (Commune Etalle, s.d.). Il est donc probable qu'au moment où le PV était en vogue, il y a quelques années, la commune attribuait également des primes pour dynamiser le solaire PV dans sa région, ce qui expliquerait sa puissance installée par habitant assez élevée.

Non loin de là, la commune d'Attert, juste au nord d'Arlon cette fois, se distingue également dans le domaine des ER, en ayant participé notamment à une campagne POLLEC (Politiques locales Energie-Climat, voir page 24) pour amorcer sa transition énergétique. Elle a aussi été récompensée dans une autre action organisée par l'APERe : le championnat des ER. Celui-ci met en compétition des communes de Belgique pour faire un bilan de leur politique énergétique, activer des projets en conséquence (en mobilisant les citoyens notamment) et mettre en place des indicateurs de suivi (APERe, 2014). En définitive, 9 communes sont récompensées pour leurs efforts dans différentes catégories et en fonction d'un système de points. Le premier championnat, en 2011-2012, a par exemple mobilisé 67 communes et 19000 citoyens, et a clairement stimulé les politiques locales de l'énergie. Parmi les gagnants de 2013-2014, les communes de Mouscron, Frasnes-Lez-Anvaing et Attert ont été élues championnes des énergies renouvelables dans leurs catégories respectives (définies par le nombre d'habitants dans la commune) pour leurs agissements sur différents fronts. En 2011-2012, les 3 communes gagnantes étaient celles de Hasselt, Lommel et Saint Vith. D'autres

prix spéciaux ont été attribués pour les communes ayant particulièrement brillé dans une catégorie. En l'occurrence, celle qui nous intéresse est la commune de Flobecq qui a récolté le plus de points sur les installations photovoltaïques, toutes catégories confondues, aux 2 éditions du championnat (APERe, 2014). Cette dernière représente clairement un exemple à suivre en matière de dynamiques locales, parvenant ainsi à se démarquer dans une province du Hainaut donc le parc PV tend à se concentrer dans les villes.

- ***La taille moyenne des installations chez les particuliers***

Plus généralement en RW, en 2013, la puissance moyenne des installations PV se plaçait à hauteur de 5,33 kW par installation pour les particuliers (EF4, s.d.d), bien au-dessus de la moyenne européenne, qui tourne plutôt autour des 3,5 kW (Germani, 2015) ou de celle de Bruxelles qui est à 3 kW (BRUGEL, 2014). En fait, en Wallonie (et cela semble être aussi le cas pour la Flandre, avec une moyenne de 4,79 kW par installation (EF4, s.d.d)), les installateurs ont tendance à privilégier leurs horaires de travail plutôt que les besoins réels des clients lorsqu'ils dimensionnent les installations (Germani, 2015). Une installation moyenne de 3kWc, largement capable de couvrir l'équivalent d'une consommation de 3000 kWh par an pour un ménage de 2-3 personnes (IBGE, 2009), représente 6h de travail environ pour une équipe de deux ou trois ouvriers. Mais de cette manière, sur des journées de 8 heures, 2 heures de travail sont perdues, vu que les ouvriers n'ont pas le temps de reprendre un autre chantier. Pour pallier à ce problème, les installateurs ont tendance à proposer des systèmes de plus grande envergure, de 5 ou 6 kW, quitte à dépasser les besoins des particuliers. Cela rend les chantiers plus rentables vu que les clients investissent plus et que les ouvriers font des journées complètes de 8 heures. Par contre, les surplus cumulés de kW installés par ménage se sont avérés très conséquents, ce qui a contribué à l'explosion du marché des CV et plus récemment, au débat sur la redevance réseau.

L'annonce de cette redevance pour 2017-2018 est d'ailleurs à l'origine d'un effet rebond important pour la technologie PV. En effet, les ménages, pour éviter de faire tourner le compteur à l'envers, vont faire en sorte de consommer leurs surplus d'électricité. Ils rappellent généralement leurs installateurs pour s'équiper de pompes à chaleur (fonctionnant avec de l'électricité), de radiateurs électriques, et encore d'autres appareils jusqu'à éviter la redevance réseau qui se compte tout de même en centaines d'euros annuellement. Ce phénomène peut se révéler positif s'il permet de stimuler d'autres technologies renouvelables comme les pompes à chaleur. Il le sera beaucoup moins si les ménages en viennent à « consommer pour consommer » ou à tomber dans l'aberration des radiateurs tournant à l'électricité PV par exemple (Germani, 2015).

Tous les facteurs évoqués ici pour expliquer la distribution spatiale du parc PV des particuliers wallons ne sont pas nécessairement exclusifs et peuvent évidemment se combiner. Une commune peut à la fois présenter un niveau de revenu favorable au développement PV, avoir recours à des dynamiques locales et avoir été influencée par le bouche-à-oreille. Il suffit de voir la commune de Saint-Vith, dans les cantons de l'est, qui a connu l'influence de l'Allemagne et qui se retrouve parmi les meilleurs classés dans le championnat des ER organisé par l'APERe (APERe, 2014).

3.1.2. Entreprises

Du côté des entreprises en Wallonie, les différences entre communes sont nettement plus marquées. En observant la carte par symboles proportionnels (figure 11, page 45), l'opposition nord-sud est à nouveau évidente. De fait, c'est au nord que se trouvent toutes les villes principales de Wallonie auxquelles sont souvent associés les plus grands complexes et zonings industriels, ceux-ci cherchant à profiter au mieux des infrastructures de transport (voies maritimes, ferroviaires, routières, aériennes, etc.). Liège et ses alentours, avec un esprit entrepreneurial très marqué, disposent ainsi

d'une puissance installée non-négligeable, tout comme la région de Charleroi, mais la commune de Mouscron est leader en la matière avec plus de 6400 kWc installés par ses entreprises.

Afin de pouvoir observer d'autres tendances, il semblait pertinent d'intégrer l'influence des zones industrielles et commerciales dans une cartographie par plages. Ainsi, la figure 12 (page 46) a nécessité une étape méthodologique supplémentaire :

- Premièrement, il a fallu extraire les zones industrielles et commerciales (notées zones « I&C ») de la couche « Corine Landcover » de 2006, fournie par l'European Environment Agency (EEA, 2006). Cette couche d'occupation du sol est en format raster, disponible pour toute l'Europe à une résolution spatiale de 100 mètres. Faute d'être particulièrement précis et récent, ce raster restait le plus accessible.
- Ensuite, avec la couche des zones I&C de la RW obtenue, présentée dans le bon système de projection (EPSG:31370), les surfaces en hectares par commune ont pu être calculées. De là, il ne restait qu'à ramener la puissance PV des entreprises sur les surfaces I&C pour chaque commune pour avoir l'indicateur recherché.

La carte résultante permet de mettre en avant les communes disposant d'une bonne puissance PV sans pour autant avoir de grandes zones I&C. C'est dans ce genre de communes que de plus petites entreprises comme des PME, non répertoriées dans les zones I&C utilisées, ont davantage recouru à des installations PV. C'est aussi là que le secteur agricole contribue significativement au parc PV. Les communes en question apparaissent comme beaucoup plus dispersées, se retrouvant cette fois plus en périphérie des grandes villes comme Liège et Namur, mais aussi en province du Luxembourg. Prudence toutefois : comme avec les particuliers, des communes avec peu d'installations et peu de zones industrielles peuvent se retrouver avec des valeurs très élevées, et inversement. Les entretiens réalisés en PARTIE III ont servi à mieux comprendre notamment les secteurs d'activité les plus touchés, les motivations de ces entreprises à installer du PV ainsi que la perception des mécanismes de soutien et ce, pour les deux régions étudiées.

3.1.3. Comparaison

Pour comparer particuliers et entreprises, l'idéal est d'avoir recours à une carte représentant des diagrammes en camemberts (figure 13, page 47). Pour rappel, chaque commune se voit attribuer un camembert avec la contribution des particuliers d'une part (en jaune), et celle des entreprises d'autre part (en brun). La surface de ces camemberts varie proportionnellement à la puissance totale de la commune. Faute de pouvoir mettre des étiquettes sur ce genre de carte (limite de QGis), les communes « repères » utilisées précédemment (Mouscron, Tournai, Mons, Charleroi, Namur, Liège, Rochefort et Arlon) ont été encadrées en gras. L'aspect le plus frappant de cette carte est la forte contribution des particuliers à la puissance totale. Au total, la contribution est de 89% pour les particuliers et 11% pour les entreprises (CWaPE, 2014). Les particuliers ont même un poids de plus de 75% pour pratiquement toutes les communes, à l'exception d'une dizaine d'entre elles dont Mouscron et Liège. Avec ce genre de valeurs absolues, l'opposition ville-campagne est relativement évidente, les six premières communes avec la plus grande puissance totale étant Namur (18200 kWc), Liège (14900 kWc), Charleroi (14400 kWc), Mouscron (11700 kWc), Tournai (11300 kWc) et Mons (9700 kWc). Dans ce contexte, du côté rural, le secteur agricole va tout de même jouer un rôle particulier pour la filière PV. Leur cas sera d'ailleurs revu dans la section consacrée aux entreprises (PARTIE III).

Finalement, on constate qu'à l'heure actuelle, assez peu de nouvelles installations voient le jour en RW, et même dans le reste de la Belgique. Pourtant, beaucoup d'installateurs sont encore disponibles, ORES étant majoritaire avec environ 80% des parts du marché, mais ils risquent la faillite. L'offre est donc bien présente, mais il reste à redorer l'image de la technologie afin de stimuler la demande (Germani, 2015).

3.1.4. Cartes

Figure 9: Carte de puissance PV des particuliers en RW (symboles proportionnels)

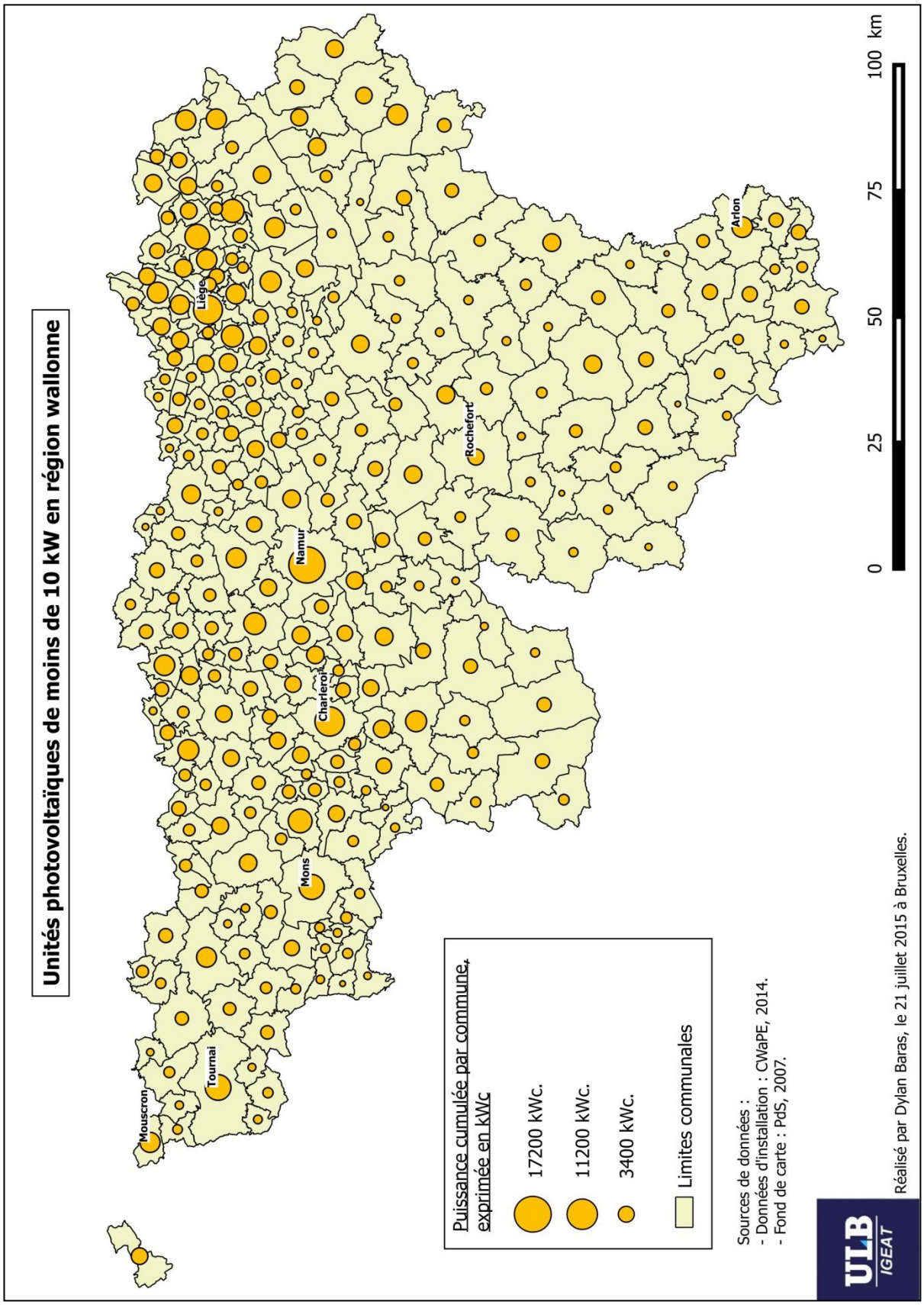


Figure 10 : Carte de puissance PV per capita des particuliers en RW (par plages)

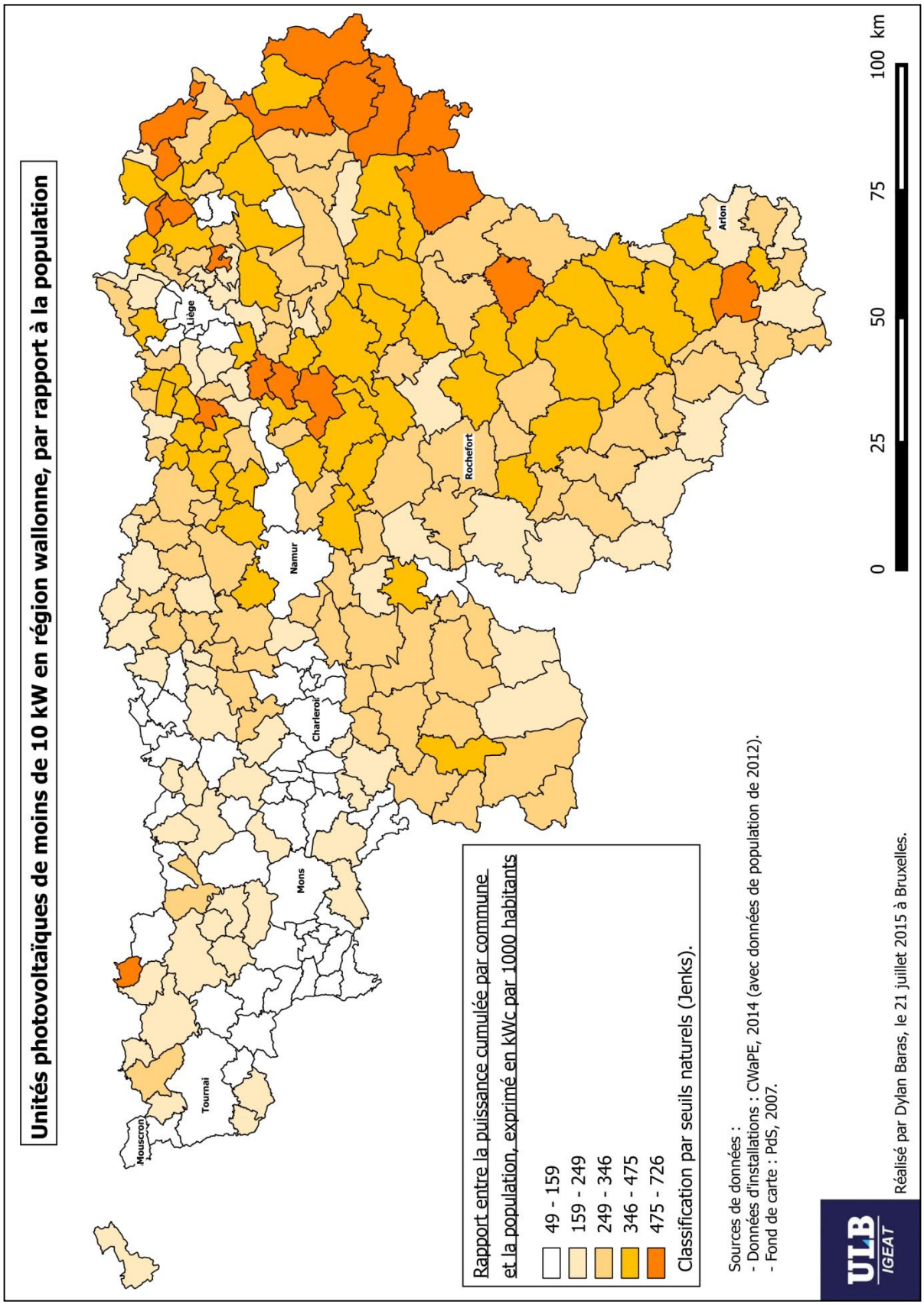


Figure 11 : Carte de puissance PV des entreprises en RW (symboles proportionnels)

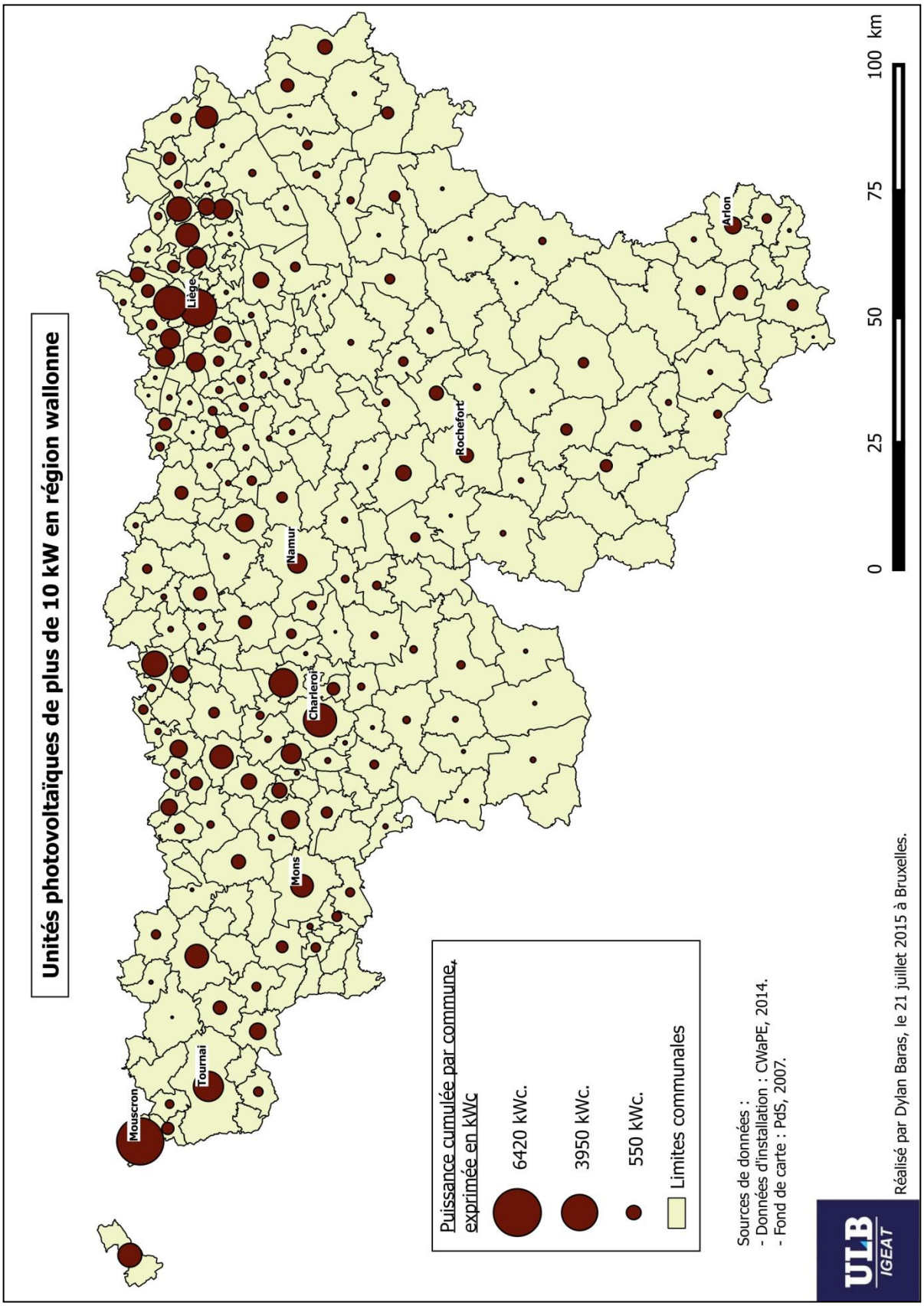


Figure 12 : Carte de puissance PV des entreprises ramenée à la surface de zones industrielles et commerciales en RW (par plages)

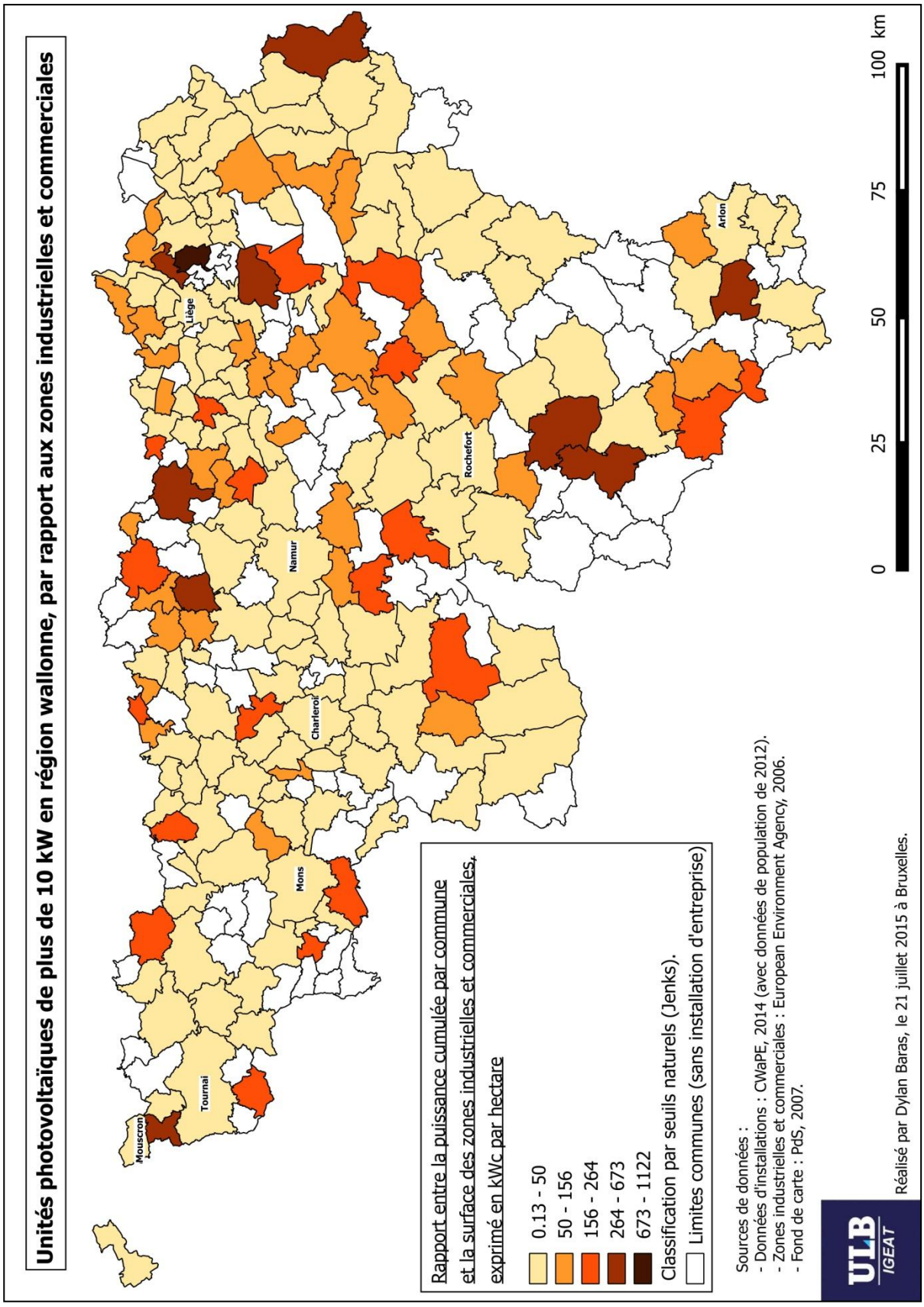
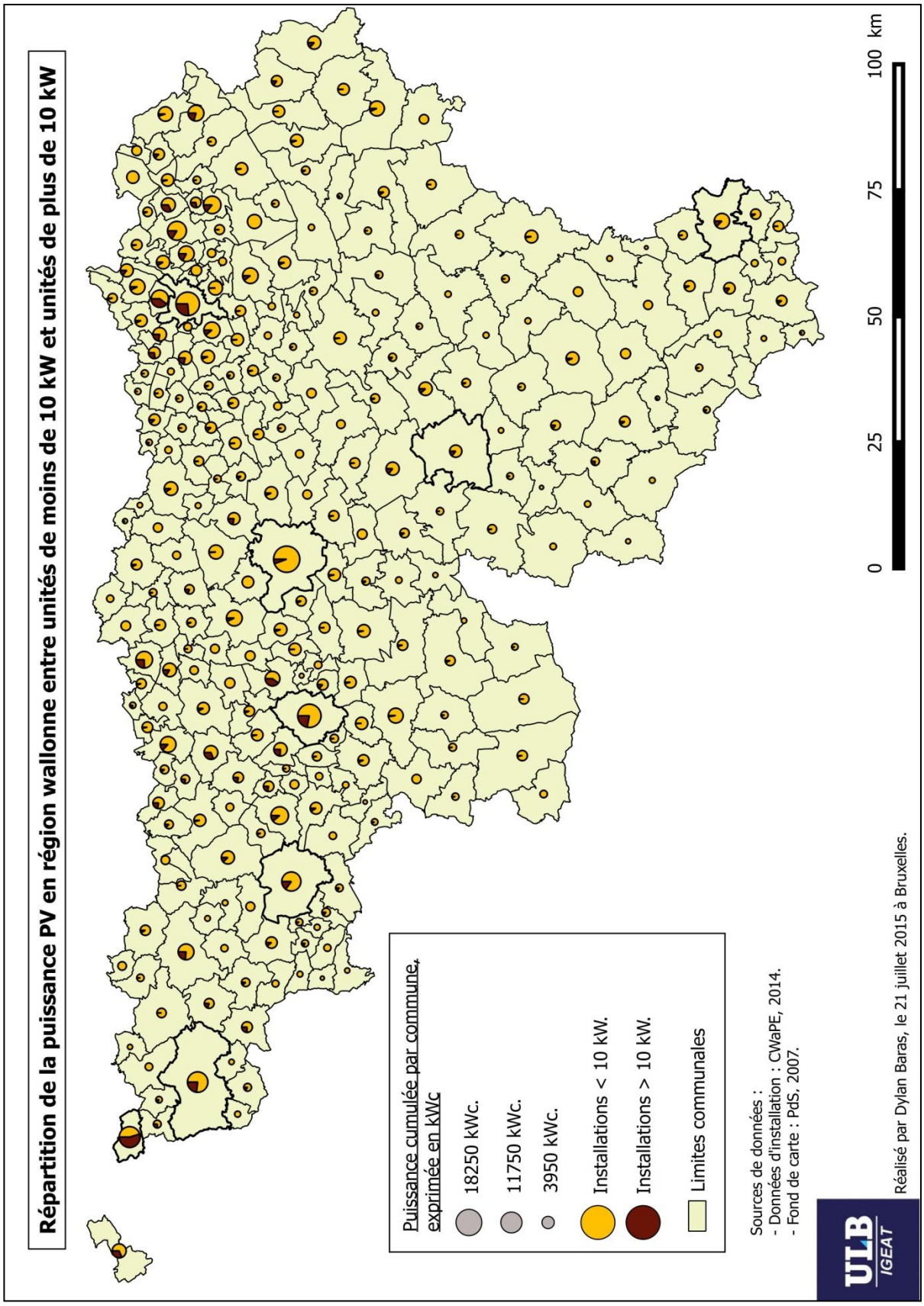


Figure 13 : Carte de répartition de la puissance PV entre particuliers et entreprises en RW (diagrammes en camemberts proportionnels)



3.2. Région Bruxelles-Capitale

3.2.1. Particuliers

La cartographie de cette région à l'échelle des secteurs statistiques a d'abord montré à quel point certains secteurs étaient vides de population. Par exemple, des secteurs sont essentiellement consacrés à l'industrie ou sont occupés par de grands espaces verts comme la forêt de Soignes. S'il peut s'avérer judicieux de conserver ces secteurs pour le cas des entreprises, ceux-ci risquent justement de fausser les résultats pour les particuliers. Sur une carte de puissance PV par 1000 habitants par exemple, certains secteurs avec quelques installations de particuliers vont apparaître comme les plus équipés, alors qu'en réalité ils sont presque vides de population (car ils remplissent une autre fonction). Donc, au moins pour les cartes portant sur les ménages, il a été fixé un seuil de 30 habitants en-dessous duquel les secteurs statistiques ne sont pas pris en compte dans l'analyse. Les secteurs exclus coïncident d'ailleurs avec les cartes du Monitoring des quartiers (outil interactif de suivi des quartiers bruxellois) ce qui confirme la pertinence de la démarche (Monitoring des quartiers, 2015).

Figure 14 : Communes en RBC (Anonyme, 2005)

Ce qui est frappant dans cette cartographie de la puissance installée chez les particuliers, que ce soit sur la carte par symboles proportionnels (figure 16, page 51) ou sur la carte par plages (figure 17, page 52), c'est cette différence entre le centre de Bruxelles, correspondant à la première couronne, et la périphérie. En référence à la figure 16 (symboles proportionnels), la commune de Bruxelles (sans Laeken, Neder-over-Hembeek et Haren) et ses alentours, Saint-Josse-ten-Noode et même Saint-Gilles et Etterbeek présentent en effet des secteurs statistiques avec jamais plus de 50 kW de puissance cumulée. Il arrive souvent que des secteurs ne disposent que d'une dizaine de kW, voire d'aucune installation PV. Par contre, en s'éloignant du centre, pour des communes telles que Berchem-Sainte-Agathe, Uccle, Watermael-Boitsfort, Auderghem, Woluwé-Saint-Pierre et Woluwé-Saint-Lambert ou encore les parties habitées de Laeken, Jette et Ganshoren, les proportions sont directement différentes. Les secteurs disposant de 50 kW de puissance sont beaucoup plus fréquents, et plusieurs d'entre eux atteignent 80 voire 90 kW.

Pour cette région bruxelloise, des paramètres encore différents de ceux de la RW peuvent être invoqués pour comprendre la distribution spatiale. Dans ce genre de zone densément urbanisée, la notion d'ombrage prend déjà une toute autre dimension. Avec des bâtiments souvent plus élevés, sur 4-5 étages, et la présence de buildings assez fréquente selon les quartiers, il est plus difficile de trouver un toit qui ne soit pas à l'ombre la plupart du temps. De plus, quand l'ensoleillement permet d'avoir un bon rendement potentiel, les particuliers (et même les entreprises) doivent consentir à des investissements souvent plus importants que s'ils habitaient en campagne. Premièrement, les chantiers sont souvent plus coûteux, puisqu'il faut monter plus haut, bloquer parfois une partie de la voirie, avec les autorisations que cela implique, … En plus, l'ombrage qui touche inévitablement certains modules de l'installation impose l'achat de micro-onduleurs. Ces appareils servent à éviter que la perte de rendement sur un module (qui se retrouverait à l'ombre par exemple) n'influence pas le rendement des autres modules lorsqu'ils sont placés en série. Encore faut-il que le résident de l'habitation ait le choix d'installer des panneaux, ce qui est rarement le cas lorsque celui-ci est locataire (Germani, 2015 ; Magis, 2015). Outre ces aspects techniques, un bon nombre de paramètres socio-économiques risquent d'influencer le recours au PV en RBC. Une analyse plus poussée des facteurs pouvant influencer le choix des particuliers à Bruxelles est donc réalisée en PARTIE II. Pour confirmer ou infirmer les hypothèses qui seront posées, une analyse quantitative serait de circonstance. C'est pourquoi une Analyse en Composantes Principales suivie d'une régression multiple est réalisée dans cette partie. Les thèmes repris sont les caractéristiques démographiques, l'éducation, la composition de ménage, le statut économique, le marché du travail, l'orientation politique et le logement.

3.2.2. Entreprises

Tout comme pour la RW, les différences entre unités spatiales sont bien plus évidentes pour les entreprises, ce qui peut s'observer sur la carte par symboles proportionnels (figure 18, page 53). En l'occurrence, on se rapproche plus d'un pattern présence/absence que d'une différence centre/périphérie comme c'est le cas pour les particuliers, ceci étant lié à une plus grande dépendance à la fonction du secteur statistique. Les quartiers ou secteurs dominants sont de fait spécifiquement dédiés à l'industrie, au commerce ou encore à l'activité ferroviaire. Les plus fortes puissances se localisent d'ailleurs le long du canal Bruxelles-Charleroi qui traverse la ville ou le long des chemins de fer (présentés sur la carte ci-contre, figure 15).

Ainsi, des secteurs comme le quai des usines-Monnoyer, le Heysel, la Gare de formation au nord, Tour&Taxis (avec la contribution du nouveau bâtiment de l'IBGE) plus proche du centre ainsi que d'autres quartiers spécialisés dans le transport ferroviaire au sud, ressortent particulièrement. Ceux-ci ont des puissances installées par les entreprises très conséquentes, toutes supérieures à 2000 kWc par secteur et montant même jusqu'à

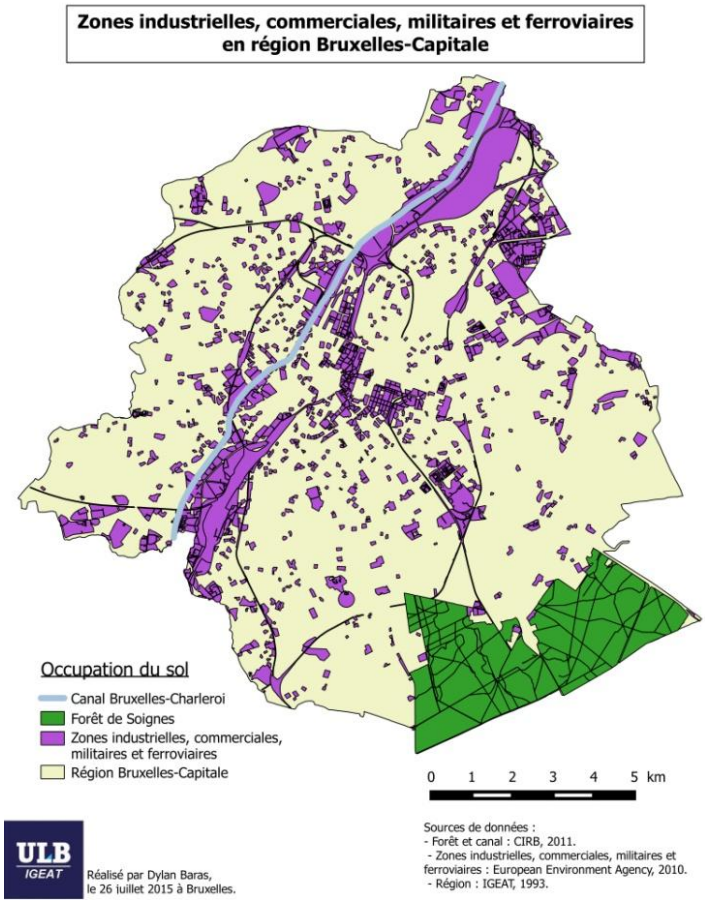


Figure 15 : Carte des zones I&C en Région bruxelloise

3670 kWc dans le secteur « Rue des Faines » au nord. A noter une contribution non-négligeable du secteur « Vieille Halle aux Blés » en plein centre-ville, avec presque 500 kWc installés, juste à côté de la Grand place.

Dans la même optique que pour la RW, les zones industrielles, commerciales, militaires et ferroviaires (notées zones I&C) ont été extraites grâce à l'Urban Atlas de l'European Environment Agency, qui donne des cartes d'occupation du sol pour les grandes villes européennes comme Bruxelles (EEA, 2010). Dans ce cas-ci, il a fallu découper la couche des secteurs statistiques avec celle des zones I&C. Ensuite, les nouvelles surfaces résultantes pour chaque secteur (sans les zones industrielles donc) ont été calculées. De là, il restait à soustraire la superficie de base des secteurs avec les surfaces sans zones I&C pour obtenir des zones I&C pour chaque secteur :

Superficie zones I&C par secteur = Superficie totale du secteur – Superficie sans zones I&C

Le nouvel indicateur a dès lors pu être calculé : Puissance PV par secteur / Surfaces de zones I&C par secteur, exprimé en kWc par hectare. Les résultats paraissent moins probants que pour la RW, mais quelques secteurs ressortent tout de même du lot (voir figure 19, page 54). Comme pour la Wallonie, soit ces secteurs sont occupés par quelques PME ayant beaucoup installé sans occuper beaucoup de surface (fortes puissances divisées par de faibles surfaces I&C), soit il s'agit juste d'un effet de division trop accentué (faibles puissances divisées par de très faibles surfaces I&C) ce qui, en l'occurrence, semble plus probable. Malgré tout, il est intéressant de remarquer que fin 2014, presque 40% des 500 installations d'entreprises étaient d'une taille inférieure à 5kWc, ce qui en principe correspond aux besoins de PME. Si elles sont importantes en nombre, elles ne représentent qu'une puissance de 600 kWc toutes ensembles. L'évolution du parc PV bruxellois est donc surtout dictée par les grandes entreprises et industries mentionnées plus haut.

3.2.3. Comparaison

Pour finir, il convient de revenir sur la contribution respective des particuliers et des entreprises en RBC, illustré avec des diagrammes en camemberts (figure 20, page 55). L'inconvénient de cette carte est d'avoir dû fixer une taille minimale pour les symboles proportionnels, sans quoi tous les plus petits symboles disparaissaient. Cela fausse évidemment les valeurs de puissance en kWc mais c'était indispensable pour observer une répartition des acteurs.

Ainsi, contrairement à la RW, ce sont ici les entreprises qui sont largement dominantes dans le parc PV : 39500 kWc pour celles-ci (38660 kWc pour les entreprises privées et 840 kWc pour les entreprises publiques) sur les 47260 kWc installés au total fin 2014, ce qui laisse 7760 kWc aux particuliers. Les deux acteurs entretiennent donc un rapport de 84% pour les entreprises contre 16% pour les particuliers. En termes de répartition, les gros secteurs industriels cités précédemment sont à nouveau mis en avant, le long du canal Bruxelles-Charleroi principalement. La première couronne est largement occupée par des entreprises également, tandis que les particuliers se localisent plus en périphérie.

3.2.4. Cartes

Figure 16: Carte de puissance PV des particuliers en RBC (symboles proportionnels)

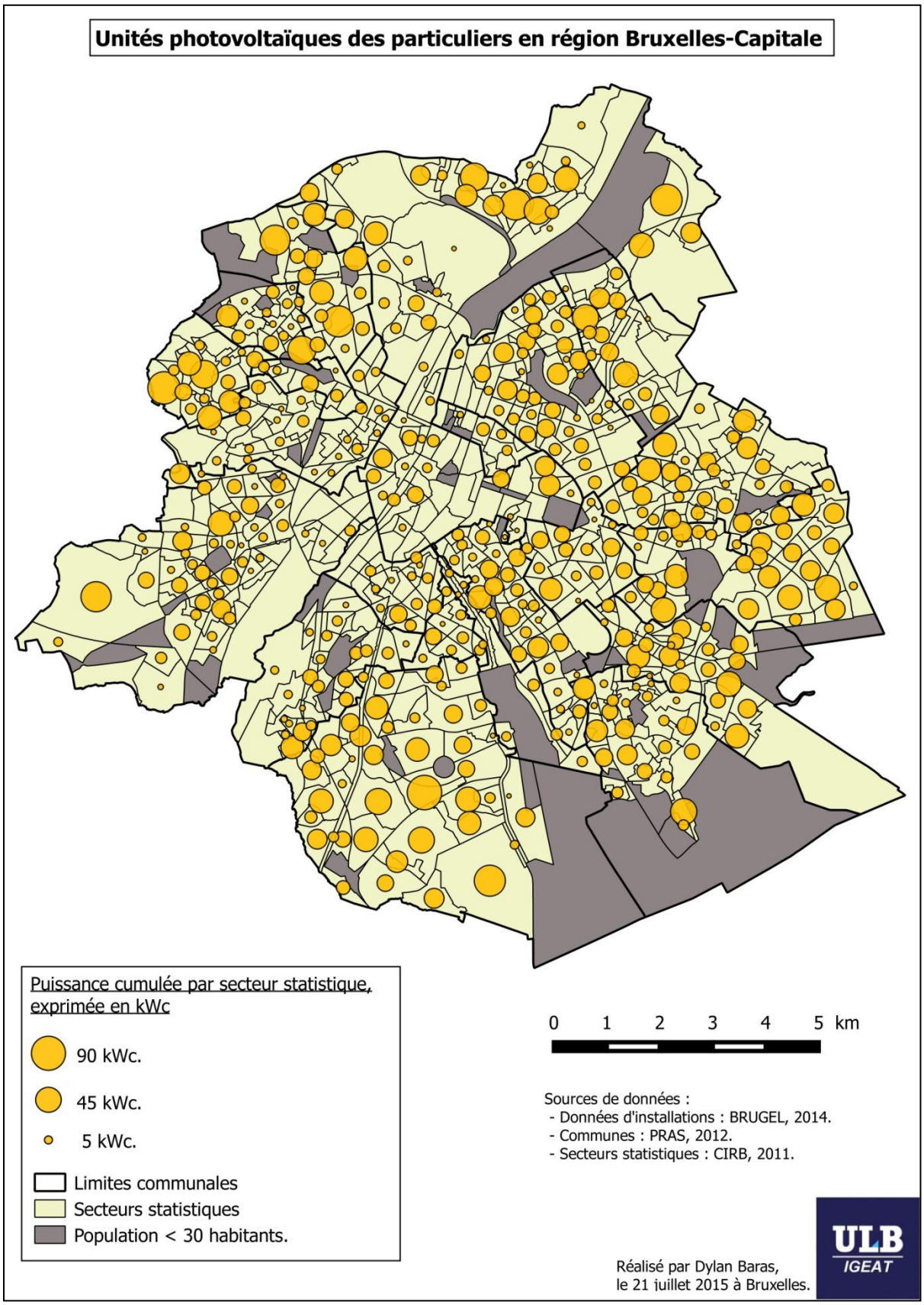


Figure 17 : Carte de puissance PV per capita des particuliers en RBC (par plages)

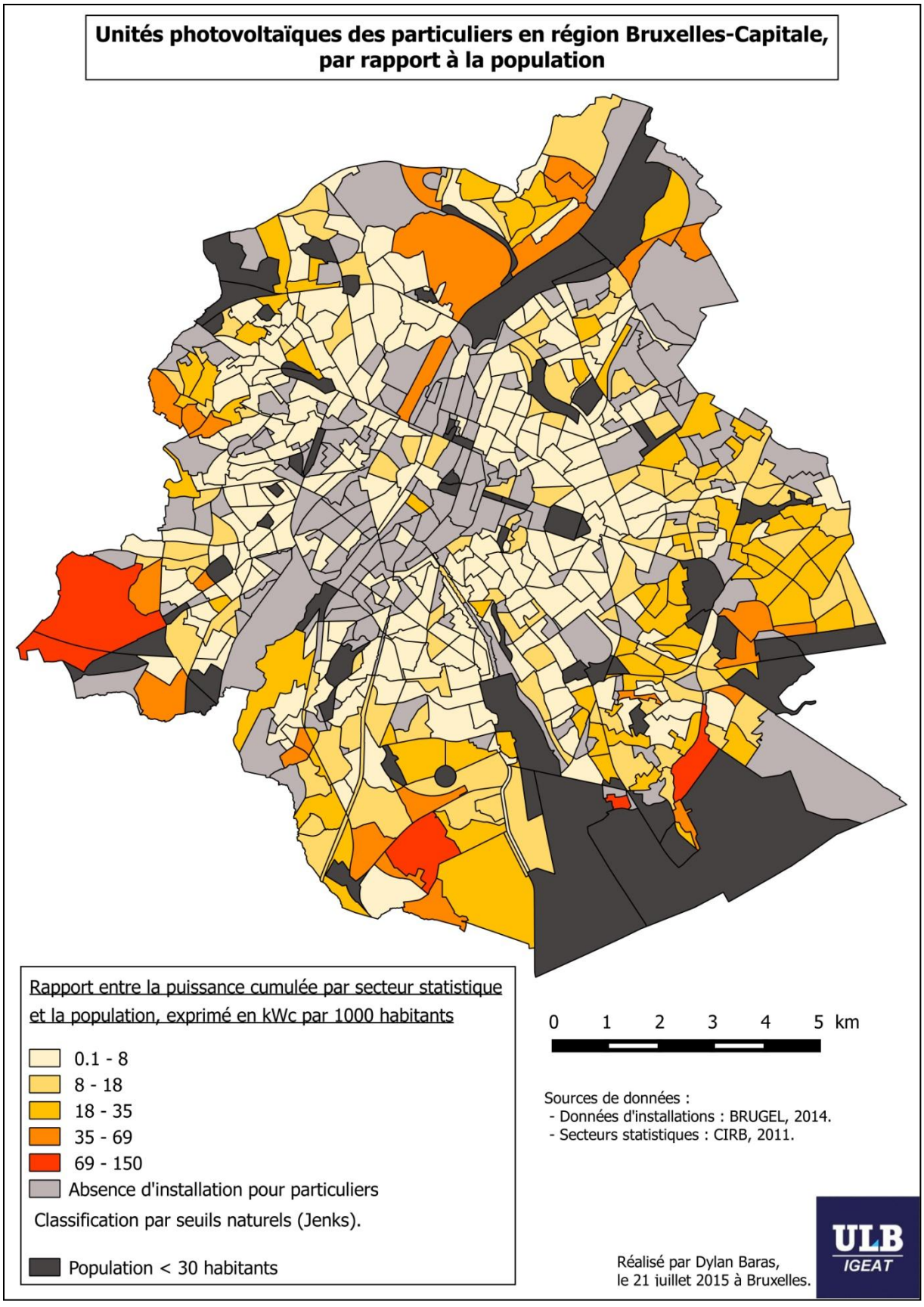


Figure 18 : Carte de puissance PV des entreprises en RBC (symboles proportionnels)

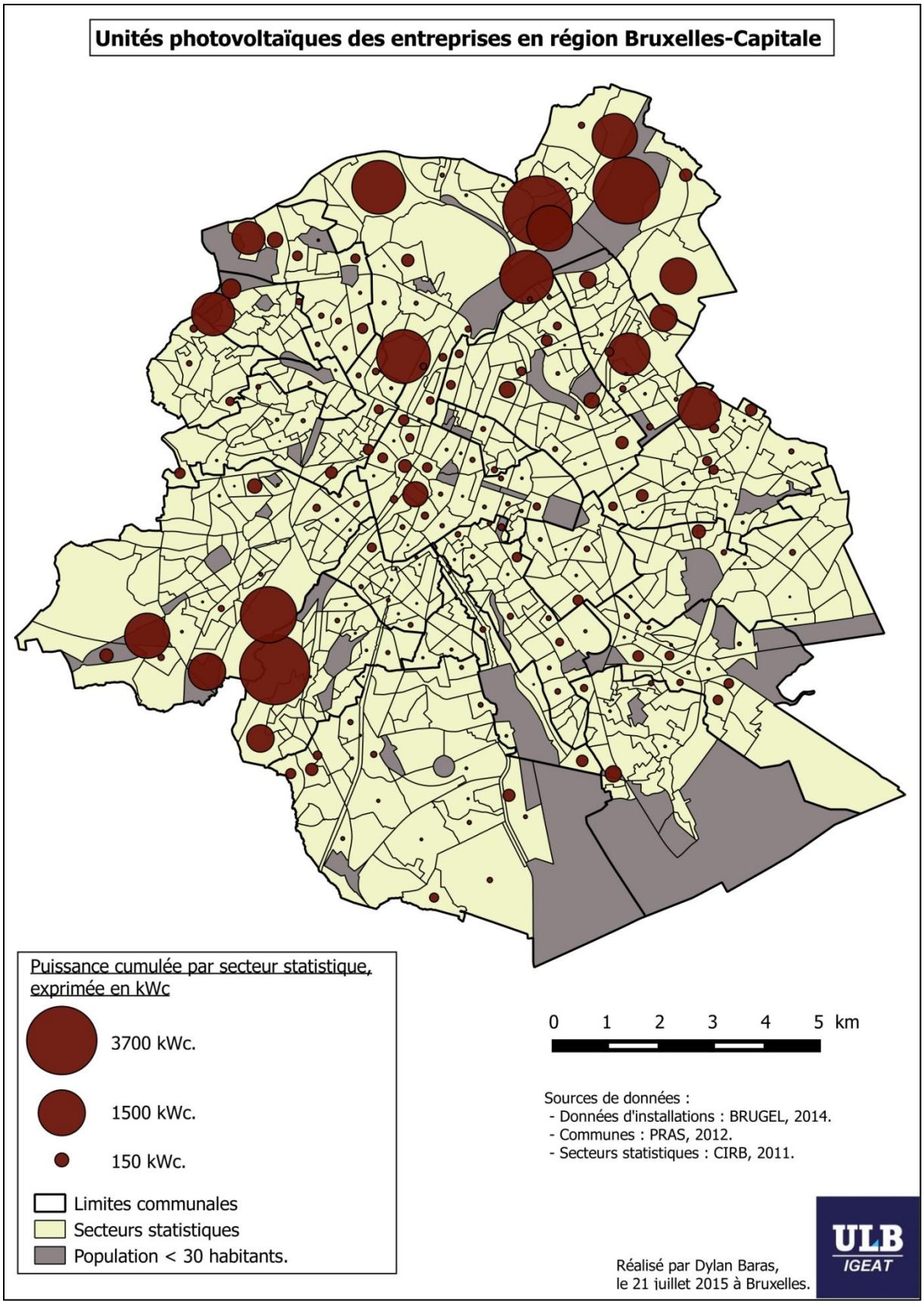


Figure 19 : Carte de puissance PV des entreprises ramenée aux zones industrielles et commerciales en RBC (par plages)

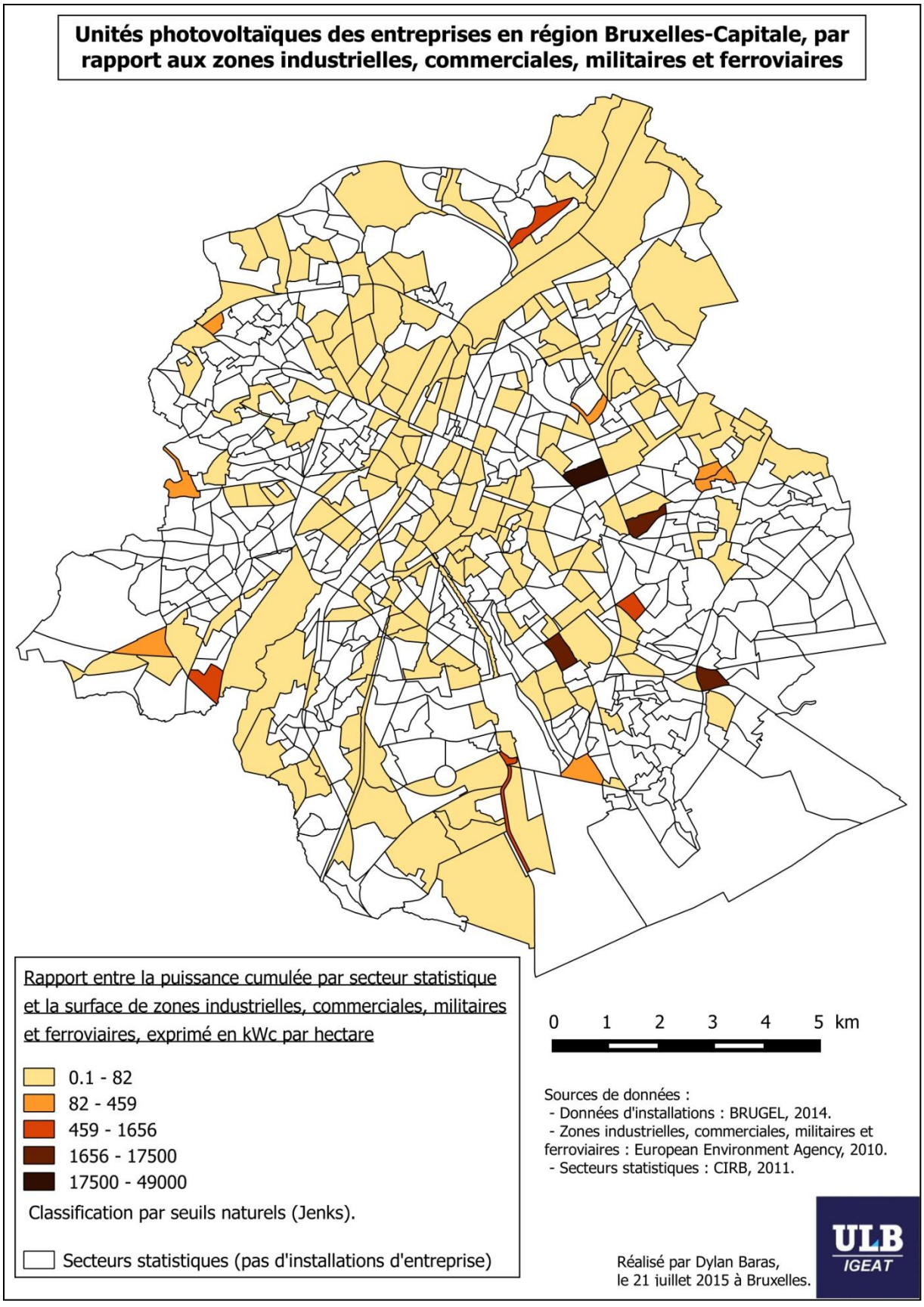
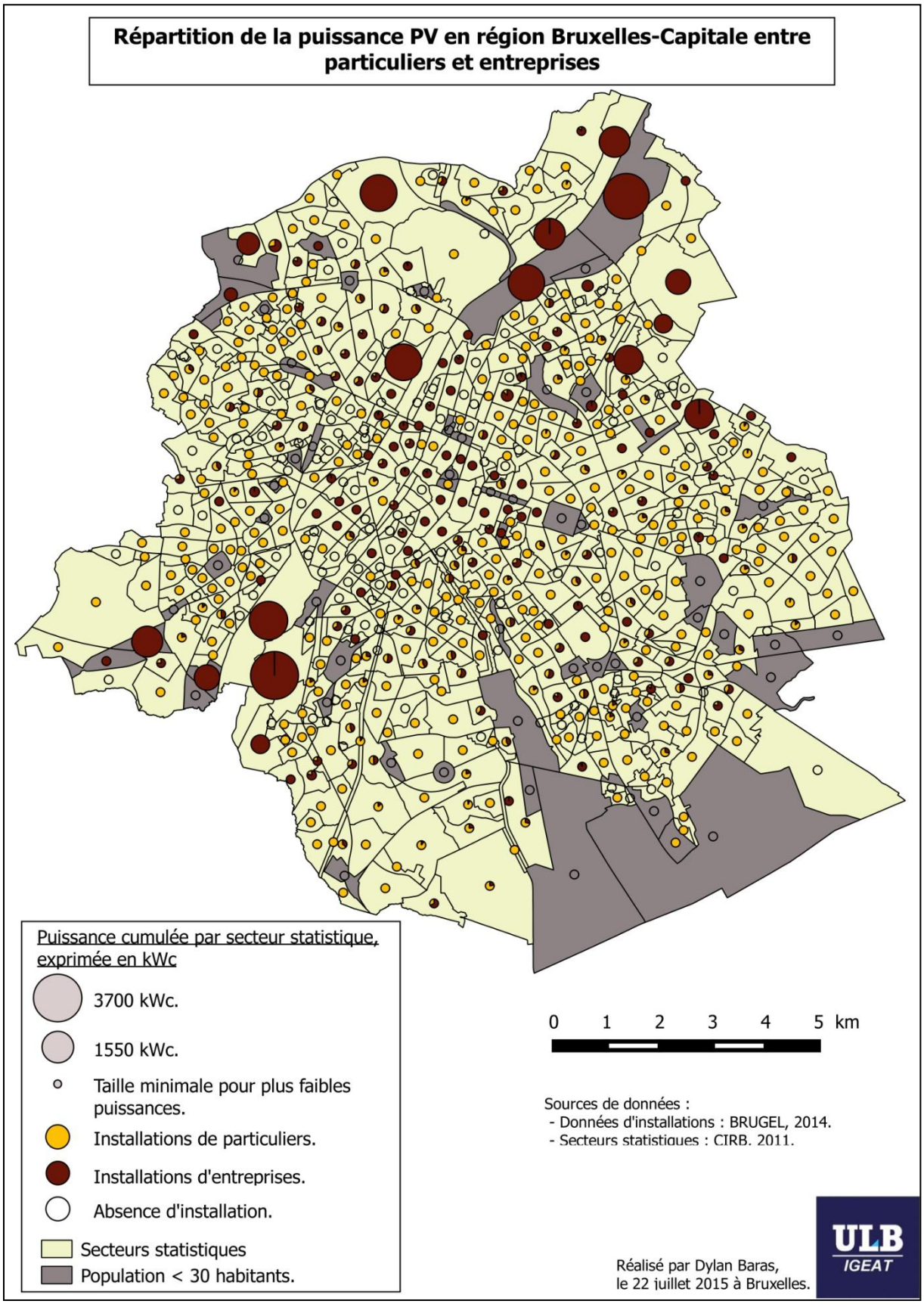


Figure 20 : Carte de répartition de la puissance PV entre particuliers et entreprises en RBC (diagrammes en camemberts proportionnels)



4. Limites

La cartographie entreprise dans cette partie, bien que très utile pour l'étude de la distribution du parc PV bruxellois et wallon, n'est pas exempte de défauts, et il convient de revenir sur certains d'entre eux.

4.1. Précision dans la démarche

Lors de l'étape de géolocalisation des installations avec l'outil Batchgeocodeur par exemple, une partie des adresses n'a pas été reconnue ou certaines manquaient de précision. Cela représente soit des données perdues, soit des données mal localisées. La plupart du temps, l'adresse est au moins rattachée à la bonne commune, cela ne pose donc pas de problème pour la région wallonne. A l'échelle des secteurs statistiques par contre, la moindre imprécision fait qu'on attribue une installation au mauvais secteur. La marge d'erreur est raisonnable pour le cas des particuliers en RBC: 5% des installations sont mal géolocalisées, ce qui représente 365 kWc. Elle l'est déjà beaucoup moins pour les entreprises : 14% des installations pour une puissance de 6970 kWc.

Pour rappel, les données de puissance PV ont aussi fait l'objet de plusieurs conversions entre kiloVoltAmpères et kiloWatts crête, comme expliqué en page 14, afin que les différentes bases de données soient exprimées dans la même unité. Pour ce faire, c'est un facteur de conversion d'environ 105%, reconnu par l'International Environment Agency, qui a été utilisé pour passer de kVA (puissance onduleur) en kWc (puissance module). Mais ce facteur de conversion n'est pas pour autant universel et peut aller jusqu'à des valeurs de 103 voire 102% (IEA, 2013). Or, appliqué à l'échelle de la Région wallonne, cela représente une différence de plusieurs milliers de kWc. Ceci ne changera rien aux analyses propres aux particuliers et aux entreprises, vu que toutes les valeurs sont multipliées par le même facteur de conversion, mais cela pourrait être problématique dans la comparaison entre les deux types d'acteurs ou dans une éventuelle comparaison entre régions.

Une autre source d'imprécisions émerge des cartes par plages des entreprises, pour lesquelles les zones industrielles et commerciales ont été extraites (figures 12 et 19). La carte de la RBC est relativement précise, grâce à un Urban Atlas en format vecteur. La démarche pour la Wallonie, basée sur un raster « Corine Landcover » d'une résolution spatiale de 100 mètres (1 pixel = 1 hectare = 100x100 mètres), est beaucoup moins précise. Comme la surface de zones I&C a été calculée directement à partir du raster, les pixels à cheval sur deux communes n'étaient comptabilisés que dans l'une d'entre elles. Une solution pour contourner ce problème aurait été de « vectoriser » le raster, et la procédure aurait alors été la même que pour la RBC.

Une imperfection plus secondaire mérite également d'être mentionnée : les légendes sur les cartes par symboles proportionnels ne sont pas automatiquement générées par QGis (faiblesse de ce logiciel). Les légendes ont donc été dessinées manuellement le plus assidûment possible, mais leur précision demeure discutable.

4.2. Exhaustivité des données

Au-delà des données qui sont perdues ou modifiées en cours de procédure comme lors de la géolocalisation, il ne faut pas oublier les contraintes liées aux bases de données de départ. Celle de la RBC est assez exhaustive avec, pour rappel, la puissance et l'adresse pour toutes les installations et une distinction entre particuliers, entreprises publiques et entreprises privées. En ce qui concerne la RW, les données en ligne de la CWaPE sont déjà moins détaillées, surtout pour les particuliers où sont rassemblées les puissances des filières solaire PV, hydraulique, éolienne, biomasse, cogénération biomasse et cogénération fossile (CWaPE, 2014b). Néanmoins, le solaire PV est très probablement majoritaire dans les chiffres qui sont fournis, et ceux-ci suffisent pour une telle analyse à l'échelle des communes. Les données disponibles manquent parfois aussi d'uniformité au niveau

temporel. Les données de population de référence en RBC sont celles de 2011 par exemple, tandis qu'en RW il s'agit des effectifs de 2012.

4.3. Critique des indicateurs

Enfin, les indicateurs propres aux différentes cartes ont chacun leurs forces et leurs faiblesses, comme on a pu le voir au cours de l'analyse. En résumé, les symboles proportionnels sont intéressants en tant que valeurs absolues car les résultats sont très explicites. Mais ils ne tiennent pas du tout compte des paramètres comme la population ou la surface des communes. Cela vaut également pour les diagrammes en camemberts proportionnels, qui ont pour leur part l'avantage de véhiculer plusieurs informations en même temps (puissance des particuliers, des entreprises et puissance totale). Les cartes par plages apportent de leur côté un peu plus de profondeur à l'analyse en tenant compte de variables comme les effectifs de population ou les surfaces de zones I&C. Mais celles-ci sont aussi plus difficiles à interpréter à cause de la division qui est justement réalisée. Si le dénominateur est très faible, les variables risquent d'être surévaluées et inversement si le dénominateur est très élevé, les variables risquent d'être sous-évaluées. Ces cartes par plages nécessitent aussi de choisir une méthode de classification. Le choix des seuils naturels de Jenks est bien adapté à des distributions dissymétriques comme c'est le cas pour la puissance PV en RBC et RW. Par contre, cette méthode empêche par exemple de réellement comparer les cartes par plages des deux régions car les classes sont propres à chaque set de données.

5. Conclusion

En conclusion de cette partie, cette première étude de la distribution spatiale du parc PV a mis en évidence des profils assez différents pour la RW d'une part, et pour la RBC d'autre part. La RW a vu son parc PV se développer principalement grâce aux particuliers, influencés par divers facteurs comme le revenu, le phénomène de bouche-à-oreille, l'image de la technologie PV dans la presse ou encore les dynamiques locales propres à chaque commune. Le pattern de distribution spatiale chez ces ménages varie selon que l'on tienne compte ou non de la population. Ainsi, les symboles proportionnels montrent une opposition nord-sud, où les grandes villes rassemblent le plus de puissance, tandis que la carte per capita traduit plutôt une opposition est-ouest, avec des provinces de Liège et du Luxembourg bien mieux représentées. Les unités PV des entreprises wallonnes se concentrent pour leur part là où il y a de l'activité économique et des infrastructures de transport, c'est-à-dire dans les zones les plus urbanisées. Mais il ne faut pas négliger la périphérie où le secteur agricole ainsi que certaines PME assument une certaine part du marché. Concernant la RBC, ce sont au contraire les grandes entreprises et industries qui dominent cette filière PV. Les entreprises sont donc assez présentes dans le centre-ville et dans les secteurs à vocation industrielle le long du canal Bruxelles-Charleroi. Les installations des particuliers, pour leur part, sont beaucoup plus présentes dans les communes périphériques de la région. Quelques facteurs explicatifs de distribution ont déjà été envisagés dans cette partie, mais le cas des particuliers en RBC gagnerait à être approfondi, notamment en intégrant des variables socio-économiques. La partie suivante se consacre donc à une analyse statistique portant sur ce sujet.

PARTIE II : Etude quantitative pour les particuliers en région bruxelloise

1. Introduction

La cartographie du parc PV entreprise dans la partie précédente a déjà mis en évidence plusieurs facteurs explicatifs de la distribution spatiale, comme l'importance de l'image de la technologie ou encore l'impact des dynamiques locales. Mises à part les hypothèses à propos du revenu, quasiment aucune variable socio-économique n'a pour l'instant été invoquée pour expliquer la répartition des installations. En RBC, vu l'opposition entre le centre et la périphérie en termes de puissance installée, il serait judicieux d'explorer quels profils socio-économiques se dégagent chez les ménages installant du PV en termes de revenu, de régime de propriété, d'éducation, etc. Pour ce faire, la méthode la plus appropriée est certainement l'analyse statistique. A noter qu'une telle analyse aurait également été intéressante pour la RW, mais cela paraissait trop ambitieux vu les autres objectifs de mémoire.

Tout commence donc avec une étape préalable de recherche de données, passant par une brève revue de la littérature et une cartographie des indicateurs-clés pour poser des hypothèses. Il en est ressorti une vingtaine d'indicateurs socio-économiques à confronter avec la puissance installée à l'échelle des secteurs statistiques. Une Analyse en Composantes Principales a servi à réduire ce nombre de variables, après quoi la sélection résultante a pu être soumise à une Régression linéaire multiple. C'est cette dernière étape qui permet de voir si une relation linéaire existe entre certains indicateurs socio-économiques et la puissance PV installée chez les particuliers.

2. Méthodologie

Avant d'entreprendre l'analyse statistique à proprement parlé, plusieurs étapes de préparation sont nécessaires pour la constitution de la base de données. Il faut premièrement passer en revue quelques études qui ont déjà traité le sujet et dont la méthodologie ressemble à celle qui sera envisagée ici. Une série d'indicateurs susceptibles d'expliquer la distribution du parc photovoltaïque des particuliers en RBC peuvent ainsi être dégagés. Pour ces derniers, plusieurs bases de données ont été mobilisées pour fournir les informations socio-économiques nécessaires, idéalement à l'échelle des secteurs statistiques (celles-ci sont détaillées en page 60). Ensuite, grâce à une cartographie de plusieurs de ces indicateurs socio-économiques, comparée à la cartographie de la puissance PV réalisée dans la partie précédente, des hypothèses sont formulées pour donner une réponse provisoire à la question de recherche.

C'est là que commence réellement l'analyse statistique qui devrait justement confirmer ou infirmer ces hypothèses. Pour rappel, il faut distinguer d'une part la variable dépendante (en l'occurrence la puissance PV installée par secteur, c'est-à-dire la variable que l'on tente d'expliquer), et d'autre part les variables indépendantes (les indicateurs socio-économiques), censées expliquer la variable dépendante. Dans ce contexte, la procédure va comporter deux étapes fondamentales :

- Une Analyse en Composantes Principales, qui doit servir à réduire le nombre de variables dépendantes à intégrer dans la régression. L'ACP, en tant qu'outil de statistique exploratoire, se focalise donc essentiellement sur les indicateurs socio-économiques, la puissance PV n'étant représentée qu'à titre indicatif. Cette méthode est reconnue comme très efficace pour l'analyse de données quantitatives. Elle va mettre en évidence les corrélations entre les variables dépendantes étudiées, permettant d'éviter la colinéarité, et également mettre en avant les indicateurs qui contribuent le plus à la variabilité de la base de données. Le type d'ACP choisi est Spearman, qui est la méthode

la plus appropriée lorsque l'analyse est exécutée sur des variables aux distributions différentes, comme c'est le cas ici (XLSTATS, 2015a).

- Les sélections de variables résultantes sont ensuite implémentées dans une Régression linéaire multiple, qui va montrer dans quelle mesure les indicateurs socio-économiques choisis expliquent la variabilité de la puissance PV installée. Pour aller plus loin, cette étape permet également de préciser la contribution respective de chaque paramètre socio-économique à cette variabilité. En d'autres termes, l'objectif est de voir comment la puissance PV installée chez les particuliers varie en fonction de critères socio-économiques comme l'âge, la nationalité, le revenu, le régime de propriété, … et si une relation linéaire a un sens (XLSTATS, 2015b).

3. Sélection des indicateurs

3.1. Revue de la littérature

Actuellement, il subsiste un certain manque de littérature qui envisage l'influence de facteurs quantitatifs sur la distribution spatiale des installations PV résidentielles, que ce soit à l'échelle de ménages, de régions ou même de pays (Kwan, 2012). Déjà, assez peu de recherches sur la technologie solaire adoptent le point de vue des consommateurs (Vasseur & Kemp, 2015). Les quelques études qui s'intéressent à ce sujet portent surtout sur des cas européens, mais ont plutôt tendance à considérer les ER dans leur ensemble (Alagappan et al., 2011 ; Marques et al., 2010 ; …) et suivant des procédures plutôt qualitatives (Schelly, 2014 ; Faiers & Neame, 2006). D'autres sont malgré tout plus spécifiques au solaire PV et adoptent parfois une approche quantitative, méritant donc de s'y attarder.

Premièrement, les recherches de C.L. Kwan en 2012 avaient pour objectif d'aider à développer et structurer les politiques et régulations liées au solaire PV résidentiel aux USA. Pour ce faire, l'auteur a fait tourner un modèle statistique de régression pour mesurer l'influence de variables environnementales, sociales, économiques et politiques sur la distribution de panneaux solaires PV résidentiels à travers les Etats-Unis. A une échelle assez fine (l'équivalent des codes postaux), les variables considérées étaient l'insolation moyenne annuelle, le coût de l'électricité, les subsides de l'Etat, le revenu moyen du ménage, la valeur de la maison, l'âge, l'éducation, la densité de l'habitat et de la population, l'origine ethnique, l'affiliation politique ainsi que l'affiliation à une certaine organisation liée au développement durable. Les résultats ont principalement montré l'importance de l'insolation et des incitants financiers (Kwan, 2012). Evidemment, le contexte géographique est radicalement différent de celui de la Belgique, où les différences d'insolation à travers le pays sont négligeables. L'étude confirme par contre l'importance des mécanismes de soutien.

Toujours aux Etats-Unis mais à plus petite échelle, dans l'état du Wisconsin en 2014, C. Schelly a réalisé une cinquantaine d'entretiens dans le cadre de sa recherche sur ce qui stimule la technologie solaire PV résidentielle. Si l'approche est qualitative cette fois, le but était à nouveau d'examiner l'influence des aspects environnementaux, économiques et démographiques sur l'adoption et la diffusion de l'innovation. Plusieurs conclusions intéressantes en ressortent, comme le fait que les valeurs environnementales seules ne sont ni suffisantes ni nécessaires pour avoir recours au PV. Pour certains individus, la possibilité de réduire les factures d'électricité représente un argument de poids, mais le levier financier ne fait pas l'unanimité pour autant (Schelly, 2014). Ceci montre déjà à quel point les motivations peuvent être diverses et perçues différemment d'un individu à l'autre, d'où la complexité de la démarche.

Enfin, dans un contexte géographique et institutionnel plus proche de la Belgique, l'étude de Vasseur et Kemp de 2015 porte sur l'adoption d'installations PV, aux Pays-Bas cette fois. Méthodologiquement, un questionnaire a été proposé à un échantillon d'individus, ce qui permet de dégager leurs motivations d'une part, et de mettre aussi en avant les profils socio-économiques de

personnes ayant installé des panneaux, grâce à une régression multiple sur les résultats. Il apparaît que « les ménages ayant adopté la technologie PV ont généralement des revenus plus importants, sont plus jeunes et avec une plus haute éducation que la population moyenne » (Vasseur & Kemp, 2015, p. 488). La majorité possède aussi sa propre maison, et le fait d'habiter dans un building, en appartement par exemple, est reconnu comme une barrière à l'installation (Vasseur & Kemp, 2015).

Cette brève revue de la littérature, bien évidemment non-exhaustive, confirme tout d'abord la pertinence du choix méthodologique qu'est la régression multiple. Plusieurs études, comme celles de C.L. Kwan (2012) et de Vasseur et Kemp (2015), ont en effet adopté une approche assez similaire. Mais l'état de l'art permet surtout de faire ressortir les catégories socio-économiques qui devraient être envisagées dans l'analyse statistique, à savoir les aspects démographiques, l'éducation, le revenu des ménages, l'orientation politique, le logement et les mécanismes de soutien. Certains aspects plus innovants liés au marché du travail, à la composition de ménage et aux considérations environnementales peuvent également être testés. Il est toutefois nécessaire de confronter les enseignements tirés de ces différentes études avec les bases de données disponibles, pour préciser quels indicateurs peuvent être utilisés pour chaque catégorie socio-économique.

3.2. Données utilisées

Plusieurs bases de données ont été consultées pour obtenir les indicateurs socio-économiques en question à l'échelle des secteurs statistiques en RBC. Certaines étaient libres d'accès, comme l'enquête de 2001 ou le census de 2011, d'autres ont nécessité des accords de confidentialité avec les organismes responsables, Bruxelles Environnement principalement.

- L'enquête socio-économique de 2001 n'a été retenue que pour un type d'indicateur bien précis : un jugement réalisé par les ménages respectivement sur leur logement, leur quartier et leur environnement. Les ménages donnaient ainsi un score compris entre 0 et 3 pour chacun de ces aspects. Tous les scores ont été additionnés par secteur statistique, puis divisés par le nombre de répondants pour obtenir un score moyen. Le recours à cette enquête s'est limité à cela à cause du décalage temporel important par rapport aux autres données (2001 vs. minimum 2011), mais cela semblait tolérable pour un environnement, quartier et logement qui ne devraient a priori pas avoir changé significativement en une dizaine d'années (Enquête socio-économique, 2001).
- La plupart des indicateurs socio-économiques sont issus de données bien plus à jour et tout récemment sorties : le census de 2011. Ce système, utilisant les bases de données administratives déjà disponibles, remplace l'enquête socio-économique citée plus haut. Il regroupe toutes les données les plus à jour en termes de démographie, d'éducation, de composition de ménage, de marché du travail et de logement (voir tableau 6 ci-après) (Census, 2011 ; Statistics Belgium, 2014).
- Notamment liée au census de 2011, la Direction générale Statistics Belgium a pour rôle de produire les statistiques nationales officielles de la Belgique (SPF Economie, 2013c). Cette organisation a servi pour les données de revenus fiscaux, pour lesquelles l'indicateur considéré comme le plus approprié est le revenu moyen net par déclaration (Statbel, 2012).
- Afin de disposer d'un indicateur d'affiliation politique, l'IGEAT a mis à disposition les données électorales de 2014 pour la RBC à l'échelle des communes. L'indicateur retenu ici est le pourcentage de votants écolos (IGEAT, 2014).
- Enfin, l'IBGE a également été mobilisée pour des données sur les mécanismes de soutien dans le domaine de l'énergie en RBC. Principalement deux données ont été rendues accessibles à l'échelle des communes : les montants de primes au PV par individu et les montants de primes à la rénovation par individu. Finalement, seul le deuxième indicateur a été conservé, puisque les primes au PV sont conçues pour être directement

proportionnelles à la puissance installée. Cela n'avait donc pas de sens de l'intégrer à l'analyse statistique dont la variable dépendante est la puissance installée (pour information, la cartographie de ces primes au PV est indiquée en ANNEXE 4, p101) (IBGE, 2013 & 2014).

Le tableau qui suit constitue donc un récapitulatif de tous les indicateurs socio-économiques utilisés pour tenter d'expliquer la puissance PV installée en RBC (voir tableau 6). Les hypothèses et sources de données sont également renseignées.

Catégorie	Indicateur	Hypothèses vis-à-vis du solaire PV à vérifier	Echelle et source de données
DEMOGRAPHIE	1. Densité de population : Nombre d'individus par hectare. 2. Âge : % d'individus de 30 à 50 ans. 3. Nationalité : % de belges.	Les faibles densités favorisent l'adoption du solaire PV. Les personnes âgées de 30 à 50 ans sont plus réceptives. Le fait d'être belge est plus favorable.	Secteurs statistiques, Census 2011.
EDUCATION	4. Niveau d'enseignement : % d'universitaires, haute école et doctorants dans la population de plus de 18 ans ne suivant plus d'enseignement.	Un niveau d'éducation plus élevé est favorable : situations plus stables et plus forte conscientisation environnementale.	Secteurs statistiques, Census 2011.
COMPOSITION DE MENAGE	5. Taille des ménages privés : Nombre moyen d'individus par ménage. 6. Types de ménages privés : % de ménages incluant un couple. 7. Types de ménages privés : % de ménages avec un enfant ou plus. 8. Types de ménages privés : % de ménages non-familiaux.	Une grande taille est favorable (besoins en électricité importants). La présence d'un couple dans le ménage est favorable (stabilité et revenu). La présence d'enfants est favorable (stabilité et besoins en électricité). Les ménages non-familiaux sont défavorables (moins stable, moins de revenu, …).	Secteurs statistiques, Census 2011.
STATUT ECONOMIQUE	9. Revenus fiscaux : Revenus moyens nets par déclaration (en € / décl.)	Des revenus élevés favorisent le recours au PV (prêts plus facilement acceptés, plus de fonds disponibles, …).	Secteurs, Statistics Belgium 2012.
MARCHE DU TRAVAIL	10. Situation sur le marché : % de travailleurs sur la population totale. 11. Secteur d'activité : % d'emploi dans des activités spécialisées scientifiques et techniques. 12. Secteur d'activité :	Le fait de travailler est favorable. L'emploi scientifique et technique est plus favorable, avec des employés mieux informés. L'emploi dans la construction	Secteurs statistiques, Census 2011.

	% d'emploi dans la construction.	est plus favorable car mieux informé.	
POLITIQUE	13. Affiliation politique : % de votants écolos sur le nombre total de votants.	Les votants écolos installent davantage que les autres.	Communes, IGEAT 2014.
LOGEMENT ET ENVI.	14. Régime de propriété : % de logements occupés par le propriétaire.	Les propriétaires ont plus d'intérêts et d'opportunités d'installer.	Secteur, Census 2011.
	15. Période de construction : % de logements datant d'après 2001.	Les nouvelles constructions sont plus susceptibles de disposer d'une installation.	Secteur, Census 2011.
	16. Taille du logement : Nombre moyen de pièces par logement.	Les grands logements sont plus susceptibles de disposer d'une installation.	Secteur, Census 2011.
	17. Rénovation : Montants de primes à la rénovation perçues par individu.	Les bâtiments rénovés sont plus susceptibles de disposer d'une installation.	Communes, IBGE 2014.
	18. Jugement environnement : Score entre 0 et 3.	Un environnement de qualité est favorable au PV.	Secteur, Enquête 2001.
	19. Jugement logement : Score entre 0 et 3.	Un logement de qualité est favorable au PV.	Secteur, Enquête 2001.
	20. Jugement quartier : Score entre 0 et 3.	Un quartier de qualité est favorable au PV.	Secteur, Enquête 2001.

Tableau 6 : Tableau récapitulatif des indicateurs socio-économiques

3.3. Cartographie d'indicateurs-clés

Les hypothèses posées jusqu'ici (tableau 6), partiellement tirées des études parcourues dans la revue de la littérature, sont assez intuitives. Par exemple, les personnes profitant d'une situation stable, avec un emploi et un revenu confortable, en couple avec des enfants et dans un logement dont ils sont propriétaires, sont a priori plus susceptibles d'avoir recours à des installations PV. Pour appuyer ces hypothèses, il peut s'avérer intéressant de comparer la cartographie de plusieurs indicateurs socio-économiques clés avec la cartographie de la puissance PV en région bruxelloise réalisée dans la partie précédente pour les particuliers notamment (figure 16, p51 & figure 17, p52).

Pour rappel, le parc PV des particuliers bruxellois a montré principalement une différence entre la première couronne et la périphérie et ce, à la fois sur la carte par symboles proportionnels et sur la carte par plages. Les taux d'installations per capita les plus élevés se retrouvent en effet dans les communes de Neder-over-Hembeek, Laeken, Anderlecht, Uccle, Watermael-Boitsfort, Auderghem, Woluwé-Saint-Pierre et Woluwé-Saint-Lambert. Sur le plan socio-économique, en référence aux cartes qui suivent (figures 21 à 30, pages 63 à 65), on peut distinguer deux patterns en RBC :

- Une **opposition 1ère couronne et périphérie**, dite « concentrique », comme c'est le cas pour le régime de propriété, la nationalité (moins net), la taille du logement, le jugement environnemental, la densité de population et la taille des ménages (figures 21 à 26).
- Une **opposition entre la moitié sud-est** (comprenant les communes de Uccle, Watermael-Boitsfort, Auderghem, les 2 Woluwé et parfois Ixelles et Etterbeek selon les indicateurs) **et la moitié nord-ouest** (comprenant toutes les autres communes, à savoir Bruxelles, Forest, Saint-Gilles, Schaerbeek, Evere, Anderlecht, Molenbeek, Berchem Sainte-Agathe, Ganshoren et Jette). En l'occurrence, c'est plutôt le cas des indicateurs de revenu, d'éducation, d'orientation politique et d'emplois scientifiques (figures 27 à 30).

Par conséquent, certaines zones de Bruxelles se retrouvent doublement influencées par les deux patterns : Uccle, Watermael-Boitsfort, Auderghem et les 2 Woluwé sont à la fois en périphérie et dans la moitié sud-est. Du coup, via le premier pattern, les habitants de ces communes sont plus souvent propriétaires d'un logement de plus grande envergure, formant des ménages de grande taille, avec un cadre environnemental jugé de qualité et à faibles densités de population. Par le deuxième pattern, ils bénéficient d'un revenu conséquent, exerçant fréquemment des emplois scientifiques, avec un niveau d'éducation plus élevé et votant souvent écolo. Ce serait hypothétiquement grâce à toutes ces conditions favorables que le parc PV des particuliers a pu si bien s'épanouir dans ces quartiers de Bruxelles contrairement au centre, où les conditions inverses sont plus souvent remplies (locataire, plus petits logements, plus faibles revenus, hautes densités de population, moins de votants écolo et d'emplois scientifiques, etc.). Les dix critères relevés ici sont donc à surveiller de près lors de l'analyse statistique. Mais les critères restants, comme l'âge, les aspects liés aux nouvelles constructions et à la rénovation (logements construits à partir de 2000, primes à la rénovation) et ceux liés au type de ménage (couples, enfants, …) ne doivent pas encore être écartés, en tout cas pas sans arguments empiriques pouvant être avancés dans l'ACP.

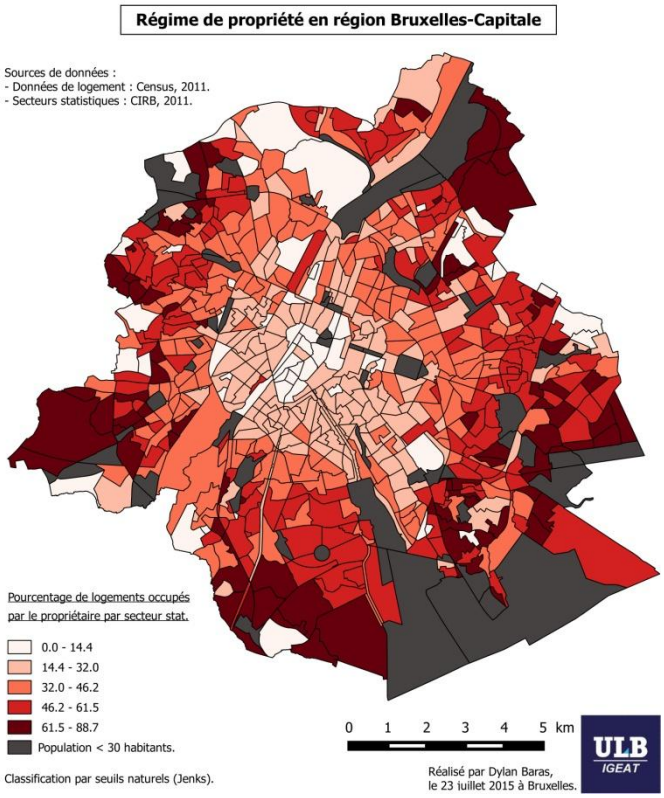


Figure 21 : Carte du régime de propriété en RBC

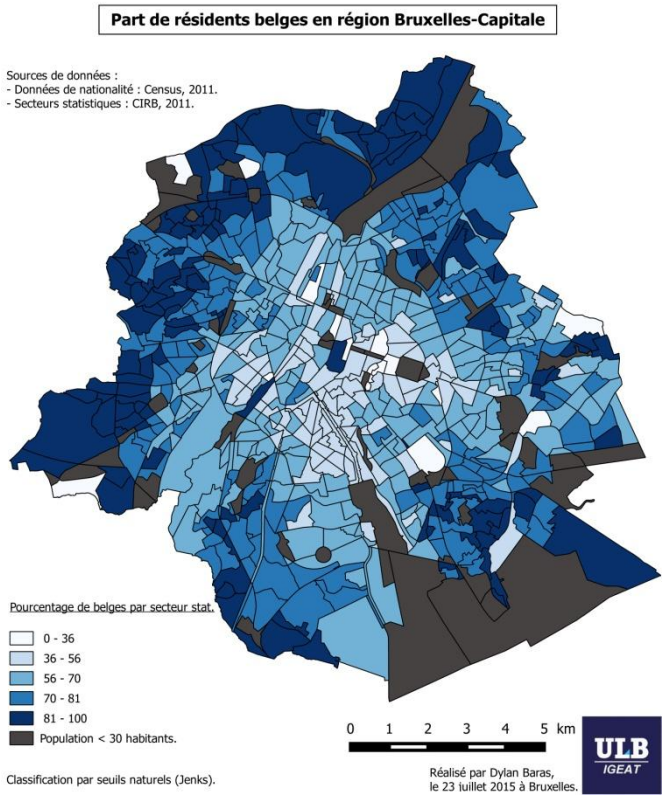


Figure 22 : Carte de la nationalité en RBC

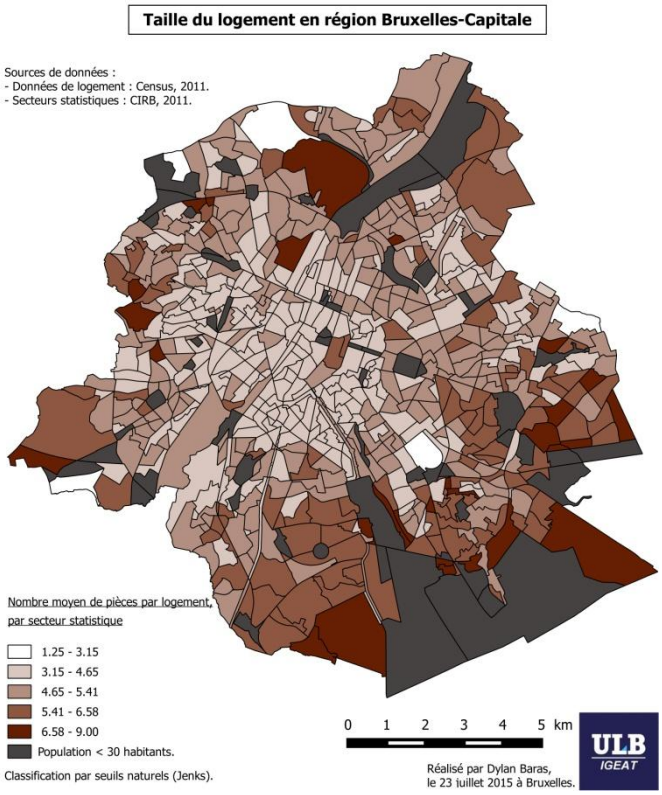


Figure 23 : Carte de la taille du logement en RBC

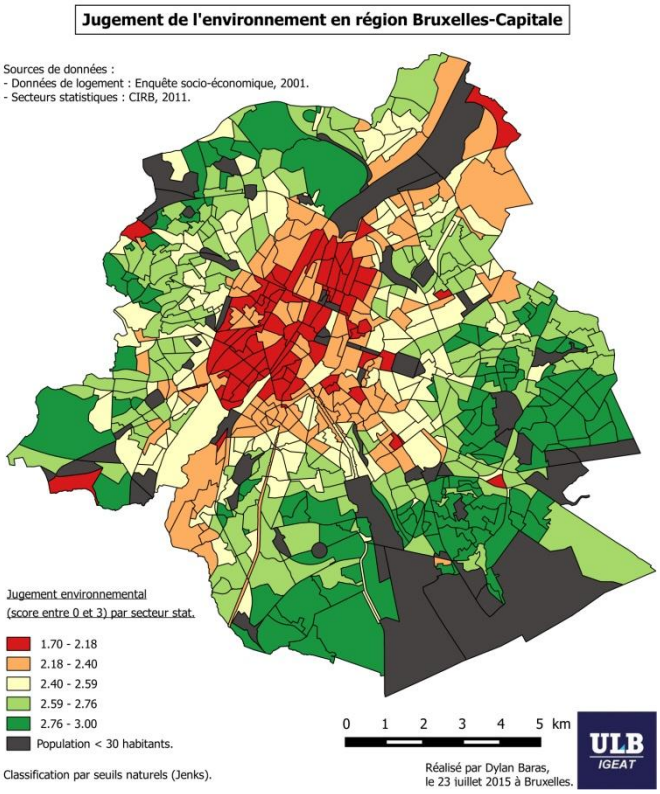


Figure 24 : Carte du jugement environnemental en RBC

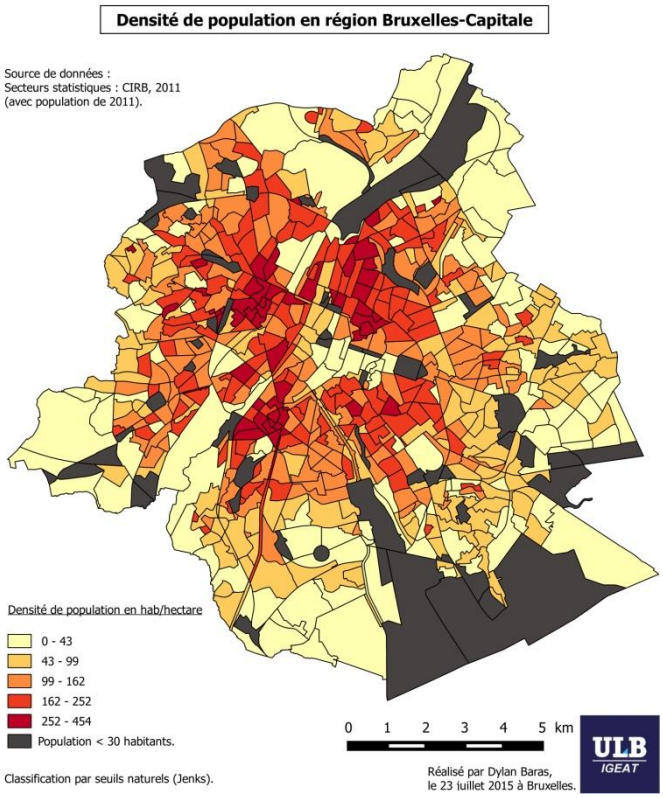


Figure 25 : Carte de la densité de population en RBC

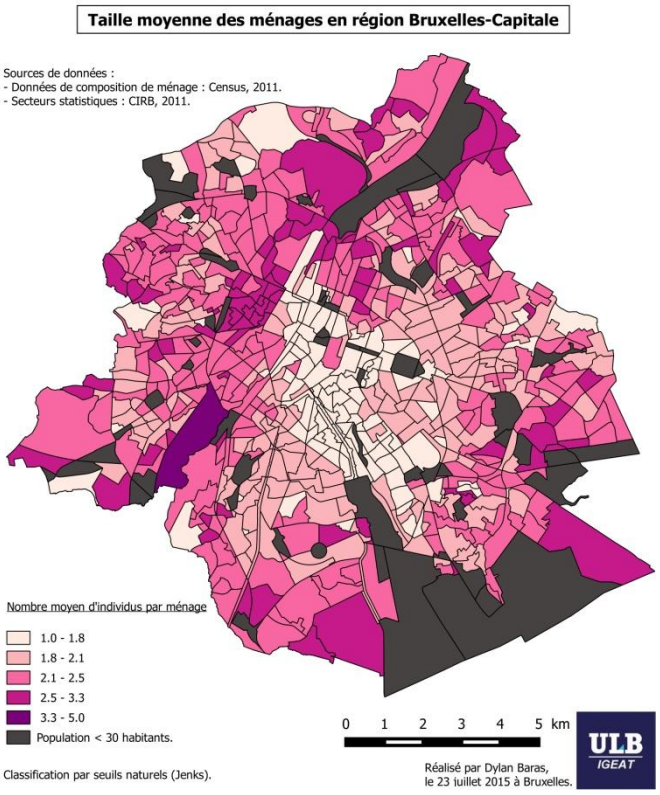


Figure 26 : Carte de la taille des ménages en RBC

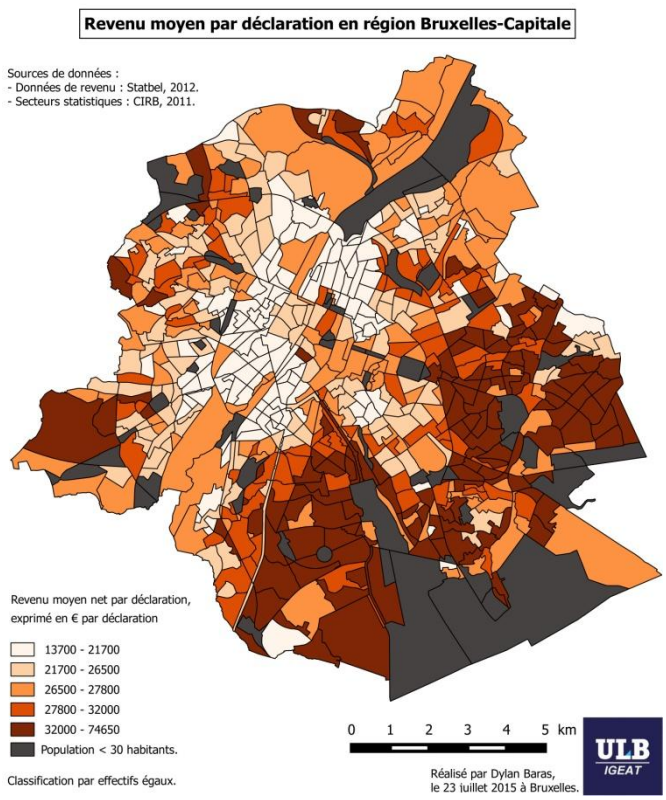


Figure 27 : Carte du revenu moyen par déclaration en RBC

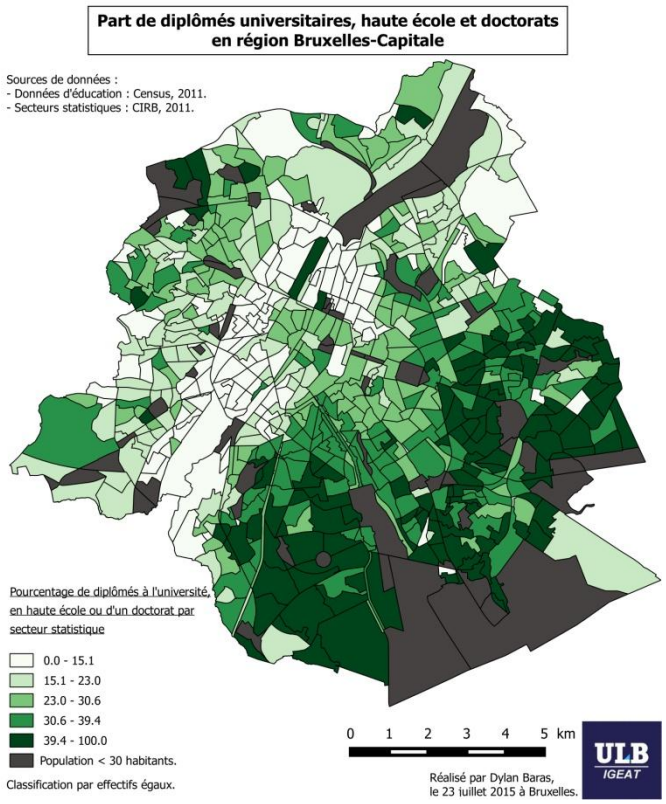


Figure 28 : Carte du niveau d'éducation en RBC

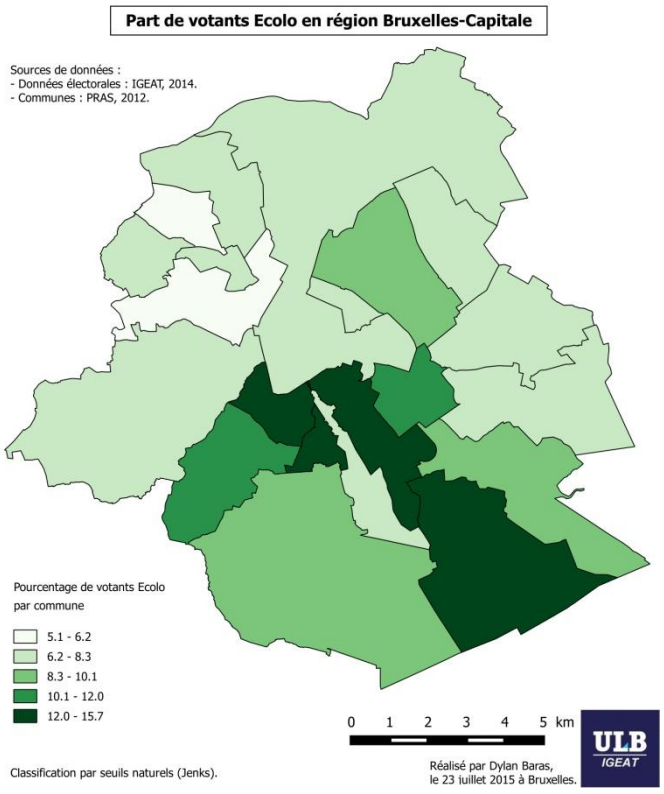


Figure 29 : Carte des votants écolo en RBC

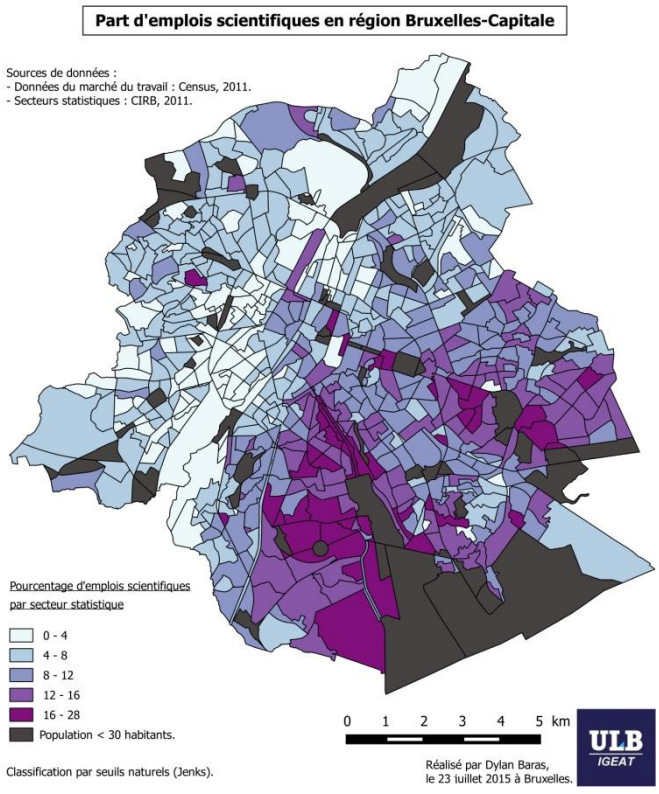


Figure 30 : Carte de l'emploi scientifique en RBC

4. Résultats et analyses

4.1. Analyse en Composantes Principales

Maintenant que la base de données avec la variable dépendante (puissance PV installée) et les 20 variables indépendantes (indicateurs socio-économiques) est correctement constituée, l'analyse statistique à proprement dit va pouvoir être envisagée. La première étape consiste à réduire le nombre de variables socio-économiques en éliminant celles qui sont corrélées entre elles et en ne gardant que les plus pertinentes. Il est en effet conseillé de ne pas faire entrer un trop grand nombre de variables dans la régression au risque d'avoir une trop grande variance et de manquer de précision (ISPED, s.d.). L'Analyse en Composantes Principales représente donc un bon outil pour sélectionner les variables explicatives adéquates, sans pour autant être irréprochable (voir considérations sur les limites, page 73). Le logiciel utilisé pour cette ACP mais aussi pour la Régression multiple qui suivra est XLSTATS, qui se présente comme une extension du tableur Microsoft Excel.

4.1.1. Première ACP à 20 variables

La première analyse qui est lancée porte donc sur toutes les variables indépendantes simultanément (la puissance PV n'est représentée qu'à titre indicatif). Cette étape va surtout servir à éviter les problèmes de colinéarité. La « colinéarité » dans le cadre d'une régression est le fait que deux variables explicatives soient fortement corrélées entre elles et qu'elles agissent de la même manière sur la variable dépendante. Il risque donc d'y avoir un double-comptage. Par conséquent, « la régression multiple exige l'élimination de toute variable explicative qui serait une combinaison linéaire d'autres variables » (Baudot, s.d.).

Pour observer les relations entre les variables socio-économiques, il faut avoir recours à une table de corrélation, présentée en ANNEXE 5 (page 102). Pour rappel, « le coefficient de corrélation (noté r) quantifie l'intensité et le sens de la relation entre deux variables. Si les deux variables varient indépendamment l'une de l'autre, sa valeur est de 0. Si les deux variables évoluent parallèlement, sa valeur sera positive (proportionnalité directe), avec un maximum de 1. Si les deux variables évoluent à l'inverse l'une de l'autre, sa valeur sera négative (proportionnalité inverse), avec un minimum de -1 » (Depiereux, s.d.b).

Sur la matrice de corrélation illustrée en ANNEXE 5, les variables considérées comme indépendantes avec une certitude de 95% sont représentées en vert, ces relations ne poseront donc a priori pas de problème. Par contre, les coefficients de corrélation de moins de -0.8 ou à plus de 0.8 sont signalés en orange foncé et ceux à moins de -0.7 ou à plus de 0.7 sont en orange clair. La table montre donc une forte corrélation entre les différentes variables de composition de ménage. Il s'agit typiquement d'indicateurs colinéaires, qui ne doivent pas tous être conservés. Mieux vaut n'en garder qu'un seul des quatre et la taille du ménage semble être un choix judicieux vu les coefficients de corrélation :

- r = 0.825 avec la variable « couple » : Plus le ménage est grand, plus il a de chances d'inclure un couple.
- r = 0.956 avec la variable « enfant » : Plus le ménage est grand, plus il a de chances d'inclure un enfant au moins.
- r = -0.944 avec la variable « ménages non-familiaux » : Plus le ménage est grand, moins il y a de chances que ce soit un ménage non-familial.

Et surtout, cette variable « taille du ménage » reflète bien ce qu'on cherche à mettre en évidence, c'est-à-dire des besoins énergétiques et des dépenses conséquentes pour le ménage, mais aussi des sources de revenus multiples. Les autres corrélations (en orange clair : revenus/éducation,

politique/rénovation) sont moins significatives mais il conviendra de rester prudent quant aux relations entre ces variables.

4.1.2. ACP à 17 variables

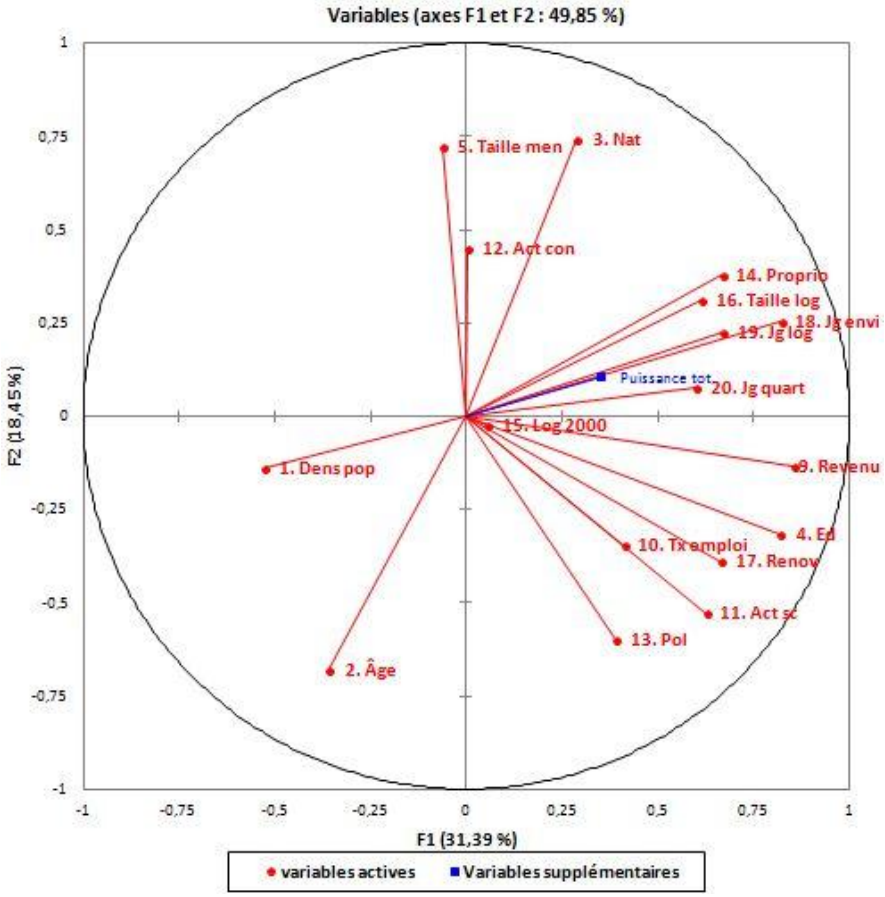
Une nouvelle ACP peut dès lors être lancée avec les 17 variables restantes. La nouvelle table de corrélation confirme que plus aucun coefficient de corrélation n'est supérieur à 0.7 excepté pour les relations revenu/éducation et orientation politique/primes rénovation. La colinéarité n'étant a priori plus un problème majeur, les résultats suivants peuvent être analysés. Pour rappel, le principe même de l'ACP est de recalculer de nouveaux axes (aussi appelés « composantes » ou « facteurs ») qui tentent de regrouper un maximum de la variabilité de la base de données étudiée. En l'occurrence, la figure suivante montre que la première composante principale F1 couvre 31.4% de la variabilité, ce qui est assez peu. En fait, la variabilité se répartis assez bien entre les 17 nouvelles composantes principales qui ont été calculées par le logiciel (seules les 8 premières sont représentées en figure 31).

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Valeur propre	5,337	3,137	1,490	1,274	1,079	0,890	0,678	0,658
Variabilité (%)	31,393	18,453	8,766	7,496	6,347	5,237	3,986	3,871
% cumulé	31,393	49,846	58,611	66,107	72,454	77,691	81,676	85,548

Figure 31 : Composantes principales et valeurs propres de l'ACP à 17 variables

Selon le critère de Kaiser, il ne faut conserver que les valeurs propres supérieures à leur moyenne car seules jugées plus « informatives » que les variables initiales. Ce critère a tendance à surestimer le nombre de composantes pertinentes. Cela revient à ne garder que les axes d'une valeur propre supérieure à 1 (comme il y a eu normalisation) (Université de Toulouse, s.d.), donc dans ce cas-ci les 5 premiers facteurs (bien que la moitié de l'information est contenue dans F1 et F2). Mais même en considérant ces 5 premiers axes, environ 28% de la variabilité reste inexpliquée, ce qui confirme la forte répartition sur beaucoup d'axes. Sur cette base, le graphe qui suit va pouvoir être analysé (figure 32).

Figure 32 : Cercle de corrélation pour F1 et F2 dans l'ACP à 17 variables.



Ce style de graphique est typique des ACP. Celui-ci résulte d'une projection des variables de départ sur un plan à deux dimensions constitué par les deux premières composantes F1 et F2. Plusieurs cas peuvent se présenter :

- Si deux variables sont loin du centre du graphique :
  - Elles sont significativement corrélées lorsqu'elles sont proches l'une de l'autre (r proche de 1).
  - Elles sont significativement non-corrélées lorsqu'elles sont orthogonales (r proche de 0).
  - Elles sont significativement négativement corrélées lorsqu'elles sont symétriquement opposées par rapport au centre (r proche de -1).
- Plus les variables se rapprochent du centre du graphique, plus l'interprétation est hasardeuse, comme pour les logements d'après 2000 par exemple.

L'orientation des variables dans des directions très variées confirme à nouveau le moindre risque de colinéarité. Pour les variables qui sont tout de même proches les unes des autres, comme le jugement environnemental et le jugement du logement, ou encore l'activité scientifique et le taux d'emploi, il faut effectivement revenir à la matrice de corrélation (ANNEXE 5, p102) pour voir que les coefficients de corrélation ne sont pas vraiment problématiques (respectivement 0.61 et 0.31). Il est intéressant de noter que les variables « activités de construction » et « taux d'emploi » n'expliquent aucunes des 5 premières composantes de manière importante (toujours une corrélation inférieure à 0.6 ou supérieure à -0.6). Ces deux variables peuvent donc être exclues de l'analyse, vu le peu de variabilité qu'elles expliquent, ce qui réduit le nombre de variables à 15.

L'intérêt du cercle de corrélation est aussi d'interpréter la signification des axes, bien que cela ne soit pas très évident dans le cas échéant vu les distances variables par rapport au centre du graphique. L'axe F1 (horizontal) a par exemple tendance à être lié au revenu, à l'éducation, aux 3 jugements et

dans une moindre mesure au régime de propriété, à la taille du logement et aux primes-rénovation. L'axe F2 (vertical), pour sa part, s'explique plutôt par l'âge, la nationalité, la taille du ménage et dans une moindre mesure par l'affiliation politique. La cartographie des coordonnées du facteur F1, ci-dessous, montre effectivement bien la corrélation respective avec les cartes de régime de propriété (figure 21, p63), de revenu (figure 27, p65), d'éducation (figure 28, p65), et d'emplois scientifiques (figure 30, p65). Mais il est surtout intéressant de voir comment la variable dépendante, la puissance totale installée (en bleu sur le cercle de corrélation), se comporte dans ce plan à deux dimensions. Même si elle est relativement rapprochée du centre du graphe, la puissance PV s'avère très proche de la densité de population (proportionnalité inverse), du régime de propriété, de la taille du logement, et du jugement environnemental (proportionnalité directe). Dans le cercle de corrélation entre l'axe F1 et l'axe F3 (présenté en ANNEXE 6, p103), la densité de population reste inversement corrélée à la puissance, avec en plus le revenu, l'éducation et les emplois scientifiques qui sont plutôt directement proportionnels. Il y a donc une certaine redondance dans les variables qui semblent avoir un impact plus conséquent sur la puissance installée.

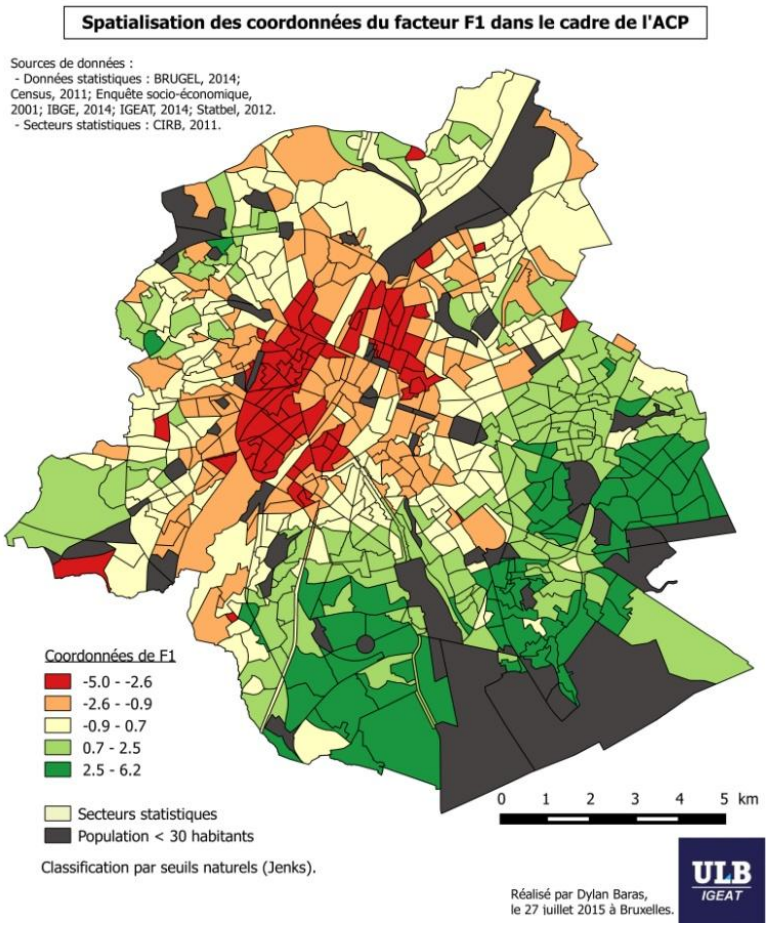


Figure 33 : Cartographie des coordonnées de la composante F1 dans l'ACP à 17 variables

4.2. Régression multiple

Si l'étape préalable d'ACP relève parfois de la subjectivité (avec les seuils de corrélation qui sont choisis pour exclure des variables par exemple), elle n'en est pas moins très importante. Elle a en effet servi à détecter et éviter la colinéarité entre les variables, grâce à la matrice de corrélation mais aussi avec les cercles de corrélation. Ensuite, l'ACP a permis d'exclure les variables « couple », « enfant », « ménages non-familiaux », « taux d'emploi » et « activités dans la construction », laissant 15 variables entre lesquelles choisir pour les modèles de régression. Jusque là, à part peut-être pour le taux d'emploi, ce sont les variables les moins « intuitives » qui ont été écartées. Enfin, les

composantes principales et leur cartographie suggèrent déjà un modèle de base à tester dans la régression linéaire multiple, regroupant 8 variables : la densité de population, l'éducation, le revenu, les emplois scientifiques, le régime de propriété, la taille du logement, les primes-rénovation (moins mises en avant mais il semblait judicieux de garder une forme de mécanisme de soutien dans l'analyse) et le jugement environnemental.

Le cas de la densité de population méritait une réflexion plus poussée. D'une manière ou d'une autre, il semblait en effet indispensable d'inclure les effectifs de population dans la régression. Deux choix étaient donc possibles : soit prendre comme variable dépendante la puissance PV par 1000 habitants (indicateur déjà utilisé dans la cartographie), soit garder la puissance installée en valeur absolue mais ajouter la densité de population dans les variables indépendantes. C'est la deuxième option qui a finalement été adoptée. De fait, cela permettait d'observer une influence potentielle de cette variable et de la comparer aux autres indicateurs, ce qui n'était pas possible avec la puissance per capita. Par contre, cette variable explicative va forcément se retrouver dans tous les modèles envisagés et réduire le nombre de variables dépendantes qu'il est possible d'ajouter[5]. A noter que les deux options ont été testées, et peu de différences ont été observées, que ce soit dans les résultats d'ACP ou dans les résultats de régression.

4.2.1. Coefficient de détermination et comparaison des modèles

Le premier résultat à évaluer est le coefficient de détermination. Fondamentalement, « le but de la régression multiple est de déterminer le modèle mathématique permettant d'expliquer au mieux la variabilité d'une variable Y (la puissance PV) en fonction de plusieurs variables X1, X2, X3, etc. Le modèle linéaire est une équation de droite dans un hyper-espace qui a autant de dimensions qu'il y a de variables (Y, X1, X2, X3 = 4 dimensions) » (Depiereux, s.d.a). L'idée est d'obtenir une équation de type :

$$Y = B0 + B1X1 + B2X2 + B3X3 + \dots$$

Où B0 est l'ordonnée à l'origine. B1, B2, B3, … sont les coefficients propres à chaque variable, révélateurs de leur contribution pour expliquer Y. Dans ce contexte, le coefficient de détermination, noté R^2, est le rapport entre la variabilité expliquée par le modèle et la variabilité totale. Il est compris entre 0 (0% de variabilité expliquée par le modèle) et 1 (100% de variabilité expliquée par le modèle) (Depiereux, s.d.c).

Pour commencer, plusieurs modèles peuvent donc être comparés entre eux sur base de leurs coefficients de détermination respectifs, pour voir quel modèle (et donc quelles variables) explique le mieux la puissance PV installée en RBC. Comme référence, un modèle incluant les 15 variables retenues, et un autre modèle reprenant les 5 variables a priori les plus importantes, ont été calculés. Cela permet notamment de voir l'influence du nombre de variables intégrées dans les modèles en général. Ensuite, c'est le modèle de base à 8 variables qui découle de l'ACP qui a été soumis à la régression. Puis deux scénarios ont également été testés, avec un modèle plutôt orienté sur le logement et un autre plutôt sur la démographie et le ménage. Pour finir, un dernier modèle adapté, tenant compte de tous les précédents, a été construit de sorte à maximiser le coefficient de détermination avec un nombre de variables raisonnable. Tous les résultats sont repris dans le tableau suivant :

[5] Il n'y a pas de maximum au nombre de variables qu'on peut intégrer dans une régression, mais comme mentionné précédemment, il est déconseillé d'en ajouter un trop grand nombre. Nous nous fixons ici une limite de 7-8 variables pour un modèle classique.

Modèle	Combinaison de variables	R^2
Modèle à 15 variables.	Toutes.	0.244
Modèle à 5 variables.	Densité pop., âge, éducation, revenu, régime de propriété.	0.218
Modèle de base (8 var.)	Densité pop., éducation, revenu, emploi scientifique, régime de propriété, taille de logement, primes-rénovation et jugement environnemental.	0.225
Scénario « logement » (7var.)	Densité pop., régime de propriété, logements d'après 2000, taille du logement, primes-rénovation, jugement logement et jugement quartier.	0.182
Scénario « démographie et ménage » (7 var.)	Densité pop., âge, nationalité, taille du ménage, revenu, régime de propriété, taille du logement.	0.228
Modèle adapté (8var.)	Densité pop., âge, nationalité, éducation, revenu, affiliation politique, régime de propriété, primes-rénovation.	0.236

Tableau 7 : Coefficients de détermination pour différents modèles soumis à la régression multiple

Que conclure de ces différents modèles de régression ? Tout d'abord que le coefficient de détermination, quel que soit le modèle abordé, est relativement faible. Un maximum de 24,4% de la variabilité de la puissance PV en RBC est expliqué par les indicateurs socio-économiques choisis. Le reste de la variabilité est dû à des effets (autres variables explicatives) qui ne sont pas pris en compte dans cette étude. Finalement, la recherche d'une relation linéaire se révèle donc assez peu probante avec les données utilisées. Peut-être cela se justifie-t-il par un manque d'indicateur réel et précis des mécanismes de soutien, plus spécifique au PV que les primes à la rénovation et sans être directement proportionnel à la variable dépendante, comme les primes au PV. Ceci sera plus amplement discuté dans la partie qui suit (point 5.) et dans les limites de la démarche (point 6.).

Malgré tout, quelques enseignements peuvent être tirés de cette analyse statistique. Concernant les modèles à 15 et 5 variables, ceux-ci montrent déjà l'importance du nombre de variables prises en considération dans les modèles. Entre les deux, il y a 10 variables de différence pour 2.6% seulement d'écart entre les coefficients de détermination. Les 5 variables sélectionnées sont donc très importantes (ou en tout cas certaines d'entre elles). Par contre, les 10 autres variables n'apportent que peu d'information supplémentaire. On tentera cependant de maximiser ce coefficient de détermination sans ajouter un trop grand nombre d'indicateurs.

Pour ce faire, le modèle de base dégagé dans l'ACP a été testé. Celui-ci ayant 4 variables en commun avec le modèle à 5 variables, son R^2 montre que les emplois scientifiques, la taille du logement, les primes-rénovation et le jugement environnemental n'apportent que peu d'informations en plus. La comparaison des deux scénarios est tout de même intéressante. Alors que les critères spécifiques au logement font baisser le coefficient de détermination, ceux liés aux aspects démographiques et de composition de ménage permettent une amélioration. C'est pourquoi l'âge et la nationalité ont été ajoutés au modèle adapté qui obtient un score relativement correct par rapport au nombre de variables intégrées.

4.2.2. *Modèle adapté : Analyse de la variance et équation du modèle*

Malgré le faible coefficient de détermination, il peut être judicieux de revenir sur l'équation de régression du modèle choisi, à savoir le modèle adapté à 8 variables. L'équation est donc la suivante :

Puissance PV = -23,163 + 0,0002*_Dens. pop_ + 0,067*_Âge_ + 0,105*_Nationalité_ - 0,004*_Education_ + 0,001*_Revenu_-0,516*_Politique_ + 0,158*_Propriété_ + 0,131*_Rénovation_

Pour information, le test de Fischer d'analyse de la variance donne une valeur F de 26,38 et une p-value < 0,0001. « Cela signifie que l'on prend un risque de se tromper de moins de 0,01% en concluant que les variables explicatives apportent une quantité d'information significative au modèle » (XLSTATS, 2015b). Pour revenir à l'équation, la valeur de -23,163 est l'ordonnée à l'origine de la polynomiale obtenue. Les autres coefficients représentent la variation de chaque variable en fonction de la puissance PV, indépendamment de toutes les autres variables. Pour prendre un exemple plus clair, à chaque fois que la puissance augmente de 1 kWc, la densité de population va augmenter de 0,0002 habitant par hectare, avec toutes les autres variables constantes. De la même façon, une augmentation de 1kWc de la puissance donnera lieu à une diminution de 0,516% dans la part de votants écolo, toute autre variable égale par ailleurs. Par contre, on ne pourra pas dire qu'une augmentation de 1 kWc de puissance installée donnera lieu à une augmentation de 0,0002 habitant par hectare ET à une diminution de 0,516% dans la part de votants écolo simultanément. L'interprétation de ce genre d'équation est donc compliquée vu les différences d'unité, et peu réaliste puisque l'hypothèse que toutes les autres variables soient constantes est peu tenable. Même si elles ne sont pas colinéaires, elles sont toujours un minimum corrélées entre elles.

Pour aller plus loin, le tableau des coefficients normalisés ci-après rassemble mieux l'information dont nous avons besoin :

Source	Valeur	Erreur standard	t	Pr > |t|	Significativité	Borne inf. (95%)	Borne sup. (95%)
1. Dens pop	0,154	0,040	3,810	**0,0002**	***	0,074	0,233
2. Âge	0,036	0,040	0,891	**0,373**	NS	-0,043	0,115
3. Nat	0,114	0,043	2,663	**0,008**	***	0,030	0,199
4. Ed	-0,004	0,048	-0,094	**0,925**	NS	-0,098	0,089
9. Revenu	0,305	0,050	6,117	**< 0,0001**	***	0,207	0,402
13. Pol	-0,107	0,044	-2,439	**0,015**	**	-0,193	-0,021
14. Proprio	0,216	0,044	4,937	**< 0,0001**	***	0,130	0,303
17. Renov	0,137	0,050	2,739	**0,006**	***	0,039	0,235

Tableau 8 : Coefficients normalisés de la régression du modèle adapté

Les valeurs normalisées de la deuxième colonne permettent tout d'abord de comparer les variables entre elles. On peut voir que la densité de population, l'âge, la nationalité, le revenu, le régime de propriété et les primes-rénovation ont tous une influence positive sur la puissance installée, avec le revenu et le régime de propriété qui ont la plus grande influence. Au contraire, l'affiliation politique a une influence inverse sur la puissance, tandis que l'éducation est presque neutre. Ceci est mieux représenté sur le graphe qui suit :

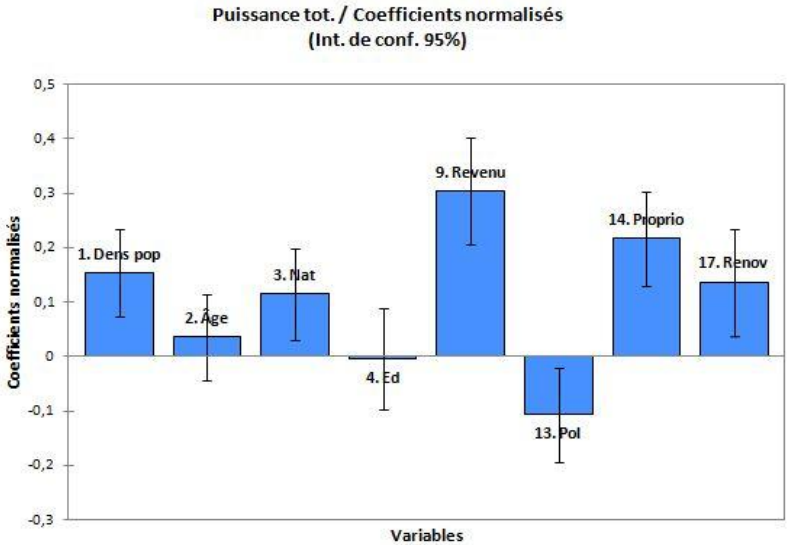


Figure 34: Graphe des coefficients normalisés pour la régression du modèle adapté

La dernière information importante à tirer de ces résultats est la significativité de l'influence des différentes variables, illustrée par la colonne des Pr > |t| (qui réfère au test de Student). Ces valeurs représentent la probabilité que les valeurs de coefficients (en colonne 2) soient dues au hasard. Donc plus cette probabilité (« p-value ») est faible, plus la variable a une influence significative. On peut distinguer plusieurs seuils de significativité (Depiereux, s.d.d) :

- p-value < 0.01 : Très hautement significatif, noté *** (densité de population, nationalité, revenu, etc.).
- p-value < 0.05 : Très significatif, noté ** (affiliation politique).
- p-value < 0.1 : Significatif, noté * (aucune variable dans ce cas-ci).
- p-value > 0.1 : Non significatif, noté NS (âge et éducation).

On peut donc dire, avec une certitude de 99% (***), que plus la puissance PV augmente, plus le revenu par déclaration augmente. Ou encore, avec une certitude de 95% (**), que plus la puissance PV augmente, moins il y a de votants écolo. Par contre, il y a une assez forte probabilité que l'influence de l'âge et du niveau d'éducation soit due au hasard.

5. Limites

Vu le résultat relativement décevant de la régression multiple (R^2 de 0,236 pour le modèle adapté à 8 variables), il est d'autant plus important de revenir sur les limites et faiblesses de cette analyse. Celles-ci peuvent se grouper dans 3 catégories : la subjectivité de la démarche, l'exhaustivité et la précision des données et les mauvais choix d'indicateurs (ou leur indisponibilité).

5.1. Subjectivité des choix méthodologiques

La première grande limite de ce type d'analyse est l'obligation de passer par certains choix subjectifs. En effet, chaque étape de la méthodologie nécessite, à un moment donné, de prendre certaines décisions personnelles, faute de référence théorique. Déjà dans la phase préparatoire, la sélection des 20 variables et des hypothèses associées, bien que consolidée par la revue de la littérature et par la cartographie de certains indicateurs, relève de choix arbitraires. Ensuite, dans l'ACP, il a par exemple été décidé que les variables indépendantes corrélées à plus de 80% (positivement et négativement) seraient exclues pour cause de colinéarité. Mais cela signifie aussi que d'autres variables corrélées parfois à plus de 70% ont été conservées. Enfin, dans la régression, il s'est avéré difficile de ne pas faire uniquement tourner les modèles avec les variables les plus intuitives comme le revenu ou le régime de propriété. C'est pourquoi des modèles plus marginaux comme le scénario « logement » et « démographie » ont aussi été testés. Si ces quelques choix subjectifs sont incontournables dans toute analyse statistique, il n'empêche que ceux-ci enlèvent une certaine rigueur à l'analyse.

5.2. Exhaustivité et précision des données

Le problème ici présenté est difficilement évitable dès que plusieurs bases de données différentes doivent être compilées. En effet, dans toutes les données qu'il faut se procurer, il y a la plupart du temps une partie manquante, plus ou moins importante, à cause d'une absence de réponse ou de pertes de données. L'étude cartographique avait déjà mis en évidence une marge d'erreur de 5% dans la géolocalisation de la puissance PV des particuliers en RBC. Ce sont ces mêmes données (BRUGEL, 2014) qui sont utilisées ici pour la variable dépendante, ce qui pose déjà un problème de précision. Du côté des variables indépendantes, l'indicateur socio-économique le plus gênant est sans aucun doute le revenu moyen net par déclaration. La base de données de Statistics Belgium, à l'échelle des secteurs statistiques, présentait un manque de 137 données sur les 663 secteurs statistiques considérés, ce qui est énorme. Quelques données sont aussi manquantes dans les 3 critères de jugement (environnement, logement, quartier), mais dans une proportion négligeable. Le

logiciel XLSTATS intervient alors en remplaçant les vides par des valeurs approchées, en l'occurrence la moyenne des autres valeurs. Cela revient à ce que ces données manquantes n'influencent pas l'analyse statistique. Mais ceci est évidemment problématique pour le revenu, qui constitue une variable centrale dans l'analyse, et pour laquelle il manque des données pour 21% des secteurs statistiques. Les corrélations de ce revenu avec les autres variables ont donc pu être faussées et sa contribution au R^2 a pu être sur ou sous-estimée.

Outre ce manque d'exhaustivité dans les bases de données obtenues, il y a également une différence d'échelle non-négligeable pour certains indicateurs qui sont intégrés dans l'analyse. La plupart des données sont disponibles à l'échelle des secteurs statistiques, grâce à l'enquête socio-économique de 2001 et au census de 2011 essentiellement. Mais d'autres n'existent, actuellement en tout cas, qu'à l'échelle des communes de Bruxelles, comme les résultats d'élection de 2014 et les montants de primes PV et de primes à la rénovation. Pour les deux dernières, les montants accordés sont renseignés pour chaque demande de particulier, mais il manque la plupart du temps l'adresse précise et il faut donc se contenter du code postal[6]. Par conséquent, beaucoup de secteurs statistiques se retrouvent avec des valeurs identiques, propres à chaque commune, et les données sont donc beaucoup plus lisses qu'elles ne devraient l'être.

L'une des autres imprécisions de la démarche renvoie au décalage temporel entre les sources de données. Par exemple, 3 indicateurs de l'analyse statistique datent de l'enquête socio-économique de 2001 : le jugement du quartier, du logement et de l'environnement. Toutes les autres données ont été mises à jour entre 2011 et 2014 (plus de détails sur le tableau 6, page 62). Le décalage est donc important pour ces 3 indicateurs, mais cela semblait au départ tolérable, en considérant que la plupart des quartiers, logements et contextes environnementaux auraient peu évolué sur une dizaine d'années. De plus, certains de ces indicateurs ne sont au final même pas repris dans la régression multiple (aucun dans le modèle adapté).

5.3. Choix et disponibilité des indicateurs

Enfin, si les données obtenues manquent parfois d'exhaustivité ou de précision, il faut aussi accepter la possibilité que les choix subjectifs mentionnés plus haut aient abouti à de mauvaises décisions, notamment dans les indicateurs qui ont été sélectionnés. Dès le départ, la brève revue de la littérature a suggéré une série d'indicateurs qui avaient déjà été utilisés aux Etats-Unis, aux Pays-Bas, etc . Mais le contexte belge est différent et il n'est pas certain que ces indicateurs soient appropriés à l'échelle de la RBC. Des indicateurs plus « techniques » auraient probablement dû être invoqués, comme la surface moyenne de toits disponible par secteur ou le nombre d'étage moyen par bâtiment, encore fallait-il que ces données soient accessibles. Par ailleurs, les convictions environnementales n'ont pu être estimées qu'indirectement, à travers des variables comme l'éducation, le jugement environnemental ou encore les primes PV. Le recours à un indicateur plus « direct » aurait donc été judicieux. Mais le manque le plus important en termes de variable socio-économique est lié aux mécanismes de soutien. Comme les primes PV sont, par nature, directement proportionnelles à la puissance installée (Cartographie en ANNEXE 4, p101), il n'était pas intéressant de les intégrer à l'analyse. Par conséquent, seules les primes à la rénovation ont pu indirectement estimer une influence des mécanismes de soutien sur l'adoption PV, mais celles-ci sont calculées en fonction du revenu, ce qui pose aussi problème. Idéalement, un indicateur intégrant tous les incitants financiers au PV, comme les déductions fiscales et les CV, aurait dû être utilisé. Mais ce genre de données n'est pas forcément disponible de manière générale, et encore moins à l'échelle des secteurs statistiques.

[6] A titre d'exemple, environ 15% du montant total de primes PV n'avait aucune référence en termes d'adresse ou de commune, et cette part était donc impossible à intégrer à l'analyse. Cela a aussi joué dans le fait de ne pas prendre en compte cette variable.

6. Discussion et conclusion

Afin de mieux comprendre le parc PV en Région bruxelloise, il semble nécessaire de pouvoir ressortir un profil socio-économique pour les ménages ayant investit dans cette technologie à leur domicile. Plusieurs études (C.L. Kwan, 2012 ; Vasseur & Kemp, 2015) ont d'ailleurs déjà révélé, dans leurs contextes géographiques respectifs, des paramètres socio-économiques déterminants pour l'adoption de panneaux solaires PV chez les particuliers. Ceci semble se confirmer avec la cartographie socio-économique réalisée pour la RBC. En effet, la population des communes d'Uccle, Watermael-Boitsfort, Auderghem, Woluwé Saint-Pierre et Wolumé Saint-Lambert, représentant la périphérie sud-est de la région, rassemble souvent des caractéristiques socio-économiques similaires : propriétaires d'un logement de grande envergure, formant des ménages de grande taille, avec un cadre environnemental jugé de qualité, de faibles densités de population (caractéristiques propres à la périphérie) mais aussi un revenu et un niveau d'éducation plus élevés, avec des emplois scientifiques récurrents et un penchant plus marqué pour le parti Ecolo (caractéristiques propres à la moitié sud-est). Or, comme observé dans la cartographie réalisée dans la partie précédente (figure 16, p51 & figure 17, p52), la puissance PV installée chez les particuliers est justement bien plus importante en périphérie et tout particulièrement dans les communes précitées. Un lien semble donc exister entre la puissance PV installée chez les particuliers et le profil socio-économique de ces derniers, encore faut-il savoir lequel.

C'est pourquoi cette étude s'est consacrée à une analyse statistique confrontant la puissance PV installée par secteur statistique (variable dépendante) à 20 indicateurs socio-économiques (variables indépendantes), pouvant se grouper en 7 catégories : les caractéristiques démographiques, l'éducation, la composition de ménage, le statut économique, le marché du travail, l'affiliation politique et le logement (voir tableau 6, page 62). Avant toute chose, la démarche imposait de faire un tri dans ce grand nombre d'indicateurs socio-économiques, d'où le recours à une Analyse en Composantes Principales. Cette étape préparatoire permet de détecter et d'éviter la colinéarité, aboutissant à une sélection des 15 variables les plus pertinentes et non-redondantes entre elles. Avec celles-ci, plusieurs modèles de régression multiple ont enfin pu être testés et comparés de manière à évaluer la relation entre la variable dépendante et les variables indépendantes.

Malgré toute la préparation, le meilleur modèle qui ressort (sans intégrer un trop grand nombre de variables) est le modèle adapté à 8 variables dont le coefficient de détermination n'est que de 0,236 (voir tableau 7, page 71). L'analyse de la variance, pour ce modèle spécifiquement (voir tableau 8, page 72), montre premièrement que l'influence de l'âge et de l'éducation a une forte probabilité d'être due au hasard, et ces variables ne sont donc pas significatives. L'affiliation politique, pour sa part, a une influence négative (inversement proportionnelle) très significative, donc plus il y a de votants Ecolo, plus petite est la puissance. Au contraire, toutes les variables restantes ont une influence positive (directement proportionnelle) très hautement significative sur la puissance PV. Cela signifie que :

- Plus la densité de population est importante, plus la puissance est élevée.
- Plus la part de résidents belges est importante, plus la puissance est élevée.
- Plus le revenu moyen par déclaration est grand, plus la puissance est élevée.
- Plus la part de propriétaires est grande, plus la puissance est élevée.
- Plus les primes à la rénovation sont conséquentes, plus la puissance est élevée.

Il ne faut cependant pas perdre de vue qu'au mieux, ce modèle ne peut expliquer que 23,6% de la variabilité de la puissance PV. Ce sont donc d'autres paramètres, non-repris dans cette étude, qui expliquent le reste de la variabilité. Un meilleur indicateur des mécanismes de soutien devrait donc être envisagé pour améliorer le modèle, tandis que les convictions environnementales et certains aspects techniques (hauteur du bâtiment, surface et inclinaison du toit, …) gagneraient à être mieux représentés.

PARTIE III : Etude des entreprises en région bruxelloise et région wallonne

1. Introduction

Jusqu'ici, après une étude de la distribution spatiale du parc PV dans les 2 régions, le cas des particuliers en RBC a été plus amplement envisagé à travers une analyse empirique. Mais pour rappel, les entreprises contribuent de manière significative au parc PV belge, surtout en RBC où elles couvrent 84% de la puissance installée, tandis qu'elles représentent 11% du parc wallon. Les entreprises faisant donc figure d'acteurs majeurs de la filière PV en Belgique, il est important d'aussi aborder leur cas, d'autant que ce sujet est assez peu étudié dans la littérature scientifique en général. Evidemment, une analyse statistique portant sur ces entreprises risquait d'être plus complexe, ne serait-ce que pour se procurer les données adéquates. Une approche plus qualitative a donc été adoptée, permettant par la même occasion de couvrir plus facilement les deux régions. Le problème relève plutôt de la représentativité, puisque l'échantillon s'est limité à une dizaine d'entreprises interrogées. Ainsi, cette partie revient tout d'abord sur les différentes modalités méthodologiques, après quoi les profils des entreprises et leurs caractéristiques principales sont présentées afin de dégager certaines tendances.

2. Méthodologie

La méthode adoptée est proche des entretiens semi-directifs, c'est-à-dire « une discussion dirigée, orientée par le chercheur autour d'une série de thèmes » (Decroly, s.d.). Concrètement, sans spécialement prendre de rendez-vous, je me suis rendu sur le terrain à plusieurs reprises pour visiter 3-4 entreprises à la fois. Les durées d'entretien étaient en moyenne de 10 minutes, dépendant fortement de la disponibilité des individus ciblés. C'était spécifiquement les personnes responsables de l'installation PV, qui ont décidé de la mettre en place (généralement les chefs d'entreprise), qui étaient recherchées. L'idée était forcément de trouver la personne la plus qualifiée pour répondre aux questions. Mais avant tout, il a fallu d'abord répertorier les entreprises potentiellement intéressantes à interviewer et ce, en fonction de différents critères. L'objectif étant de couvrir la plus grande variabilité possible dans les profils d'entreprises qui ont installé du PV. Donc, l'échantillon s'est constitué sur base de critères géographiques d'une part :

- La différence entre régions : essayer de couvrir les deux régions (RBC et RW) avec un minimum d'entretiens pour chacune d'elles.
- La différence ville-campagne : réaliser des entretiens à la fois en ville (centre et périphérie) et en zones plus rurales.

Et suivant des critères propres aux entreprises d'autre part :

- La taille : s'intéresser à des petites entreprises (voire microentreprises) mais aussi à des entreprises de taille moyenne. Pour rappel, « les principaux éléments permettant de déterminer si une entreprise est une PME (« Petites et Moyennes Entreprises ») sont le nombre de salariés et le chiffre d'affaires (ou le total du bilan) » (Commission Européenne, 2014), comme illustré sur le tableau ci-contre :

Catégorie d'entreprise	Salariés	Chiffre d'affaires	ou	Total du bilan
Moyenne	< 250	≤ 50 millions d'euros		≤ 43 millions d'euros
Petite	< 50	≤ 10 millions d'euros		≤ 10 millions d'euros
Microentreprise	< 10	≤ 2 millions d'euros		≤ 2 millions d'euros

Tableau 9 : Caractéristiques des PME (Commission Européenne, 2014)

Cette distinction est importante dans la mesure où les PME, par rapport aux entreprises de grande taille, profitent d'un soutien par différents programmes européens et de conditions moins strictes (Commission Européenne, 2014). En l'occurrence, toutes les entreprises interrogées entrent dans cette catégorie.

- Le secteur d'activité : ne pas interviewer que des entreprises qui exercent dans la même filière, mais tenter justement de couvrir des secteurs assez divers. L'intérêt est aussi d'approcher certaines entreprises dont l'activité a un lien avec l'environnement, afin de détecter une éventuelle influence.

Le tableau suivant reprend donc les entretiens qui ont été réalisés, avec la localisation des entreprises correspondantes, leur taille approximative et leur secteur d'activité :

Nom d'entreprise	Localisation	Catégorie estimée	Secteur d'activité	Date et durée d'entretien
1. Cycle Devos (Mr. Rousseau)	500, Avenue de la couronne, Ixelles (RBC).	Petite entreprise.	Magasin de vélos, vespas et scooters.	18/03/2015, +- 10 min.
2. Ferme à Yves-Gomezée (Mr. Musex)	Rue des Raidons, Yves-Gomezée (RW).	Petite entreprise.	Agriculture/élevage.	20/04/2015, 11min.
3. Van Den Brande Pascal (Mme Van Den Brande).	Nationale 5, entre Yves-Gomezée et Fraire (RW).	Micro-entreprise.	Entreprise de carrelage (vente et pose) : aménagement extérieur, chape, pavage.	20/04/2015, +-15min.
4. Ferme Maisoncelle (Mr. Benoît)	2, Ferme de Maisoncelle, Walcourt (RW).	Petite entreprise.	Agriculture/élevage.	27/04/2015, 15min.
5. CRIC (Mr. Huart)	Rue des Berces, zoning de Chastrès, Walcourt (RW).	Petite entreprise.	Climatisation, réfrigération indust. et commerciale.	27/04/2015, 5min.
6. Jardinerie de l'Eau d'Heure (Mr. Bogers)	Allée J.F. Kennedy, zoning de Chastrès, Walcourt (RW).	Petite entreprise.	Jardinerie.	27/04/2015, 5min.
7. Ferme à Gerpinnes (Mr. Frippat)	Rue de Walcourt, Gerpinnes (RW).	Petite entreprise.	Agriculture/élevage.	04/05/2015, 9min.
8. Van Dyck Frères	Rue Fond d'Arquet, Namur (RW).	Petite entreprise.	Vente de fruits et légumes en gros.	21/05/2015, 4min.
9. Carlier Bois (Mr. Carlier)	Avenue Albert 1er, Namur (RW).	Moyenne entreprise.	Négoce de bois et de produits de parachèvement.	21/05/2015, 15min.
10. MG Energy (Mr. Gilles Magis)	Allée des Plantains, zoning de Chastrès, Walcourt (RW)	Petite entreprise (Installateur)	Economies d'énergie, solutions chauffage, panneaux solaires.	04/05/2015, 1h30.

Tableau 10 : Récapitulatif des entretiens en RW et RBC.

Plusieurs voies étaient envisageables pour la recherche d'entreprises : les bases de données très complètes de BRUGEL et de la CWaPE (déjà utilisées pour la cartographie) et répertoriant les entreprises ayant installé du PV, les sites web d'installateurs présentant certaines de leurs réalisations (Energreen, 2015), ou la recherche directement sur le terrain. Cette dernière possibilité s'est révélée intéressante pour observer, par exemple, l'importance de la proximité et du bouche-à-oreille dans le zoning de Chastrès. Pour ce qui est du nombre d'entretiens réalisés, le principe de saturation, selon lequel il faut s'arrêter une fois que le dernier entretien n'apporte plus rien de nouveau (Lefèvre, s.d.), a plus ou moins été respecté. Donc, après 10 entreprises, dont un installateur, une certaine diversité de profils a déjà pu être mise en évidence et les informations devenaient redondantes. Au-delà de ce critère, il fallait également tenir compte de la faisabilité de la démarche, c'est-à-dire du temps disponible pour réaliser ces entretiens compte tenu des autres parties « pratiques » du mémoire (cartographie, analyse statistique). Ceci explique aussi que je me sois rendu directement sur le terrain et que les interviews soient relativement courtes (excepté pour l'entretien avec l'installateur, d'une durée d'1h30). Plutôt que d'avoir 3-4 entretiens de plus longue durée, il semblait plus pertinent dans ce cas-ci de privilégier le nombre, au détriment de la durée.

Ainsi, pour les 9 premières entreprises, un guide d'entretien reprenant les thèmes suivants a été utilisé : les motivations pour l'installation de panneaux PV, l'importance des mécanismes de soutien, la prise de connaissance de la technologie PV (médias, bouche-à-oreille, salons, …), l'éventuelle cohérence avec l'image de marque de l'entreprise, le fonctionnement avec l'installateur (services fournis, satisfaction, …), le degré de satisfaction du système dans son ensemble et les éventuelles améliorations à suggérer. Un autre guide a été soumis à l'installateur MG Energy, vu que le point de vue est différent, et d'autres thèmes devaient donc être abordés : l'activité de l'installateur et les services fournis, le profil et la distribution spatiale de sa clientèle (particuliers et entreprises), les retours positifs/négatifs de sa clientèle, la visibilité de l'entreprise, la perception des mécanismes de soutien, la perception de la concurrence, et enfin les améliorations potentielles du système. A noter enfin que tous les entretiens ont été enregistrés, à l'exception des entreprises 1 et 3. Ces entretiens sont tous retranscris en ANNEXE 7 (page 103), sauf celui avec l'installateur (longue durée et grand nombre de pages à rajouter en annexes).

3. Profils des entreprises

➢ *Cycle Devos (1)*

Figure 35 : Entreprise "Cycle Devos" (photo personnelle)

Premier entretien réalisé, c'est aussi le seul exemple d'entreprise située en RBC. L'installation est assez récente, elle a coûté 50000€ en tout et le temps de retour sur investissement est estimé à une dizaine d'années. Datant de moins d'un an, les retours financiers que le chef de cette petite entreprise (Mr. Rousseau) pourra en dégager ne sont toutefois pas encore évidents à chiffrer. Ce qui est intéressant pour cette entreprise, c'est que les motivations économiques ont apparemment très peu joué, ce qui fait sens puisque l'installation s'est faite en 2014, au moment où les incitants financiers étaient revus à la baisse. Mr. Rousseau considère ainsi que le système sera neutre sur le plan financier. Ses motivations n'étaient pas non plus politiques, il ne se revendique pas écolo. Finalement, ce sont surtout pour des raisons environnementales que ce propriétaire a décidé de passer au PV. Cela entrait en cohérence avec l'activité de son entreprise, la vente de vélos ayant notamment pour objectif de réduire la pollution dans les villes.

Son expérience s'est avérée très décevante. Tout d'abord avec l'installateur : celui-ci a pris beaucoup de retard par rapport à ce qui était prévu. Il a été déclaré en faillite quelques mois plus tard, rendant obsolètes les poursuites judiciaires envisagées par Mr. Rousseau. Ensuite, il a eu beaucoup de problèmes avec les mécanismes de soutien. Le fait qu'il n'entrait pas dans les normes de puissance et le retard pris à cause de son installateur l'ont empêché d'avoir accès aux aides que sont censées percevoir les PME. Ayant perdu confiance vis-à-vis de ces mécanismes de soutien, il n'est même plus sûr de vouloir s'investir dans la démarche des CV et il suggère de rendre plus accessibles les différentes aides, notamment au niveau administratif (Rousseau, 2015).

- ***Ferme à Yves-Gomezée (2)***

Figure 36 : Ferme à Yves-Gomezée (photo personnelle)

Pour le gérant de cette ferme, Mr. Musex, les motivations étaient par contre clairement économiques, l'environnement passant au second plan et l'affiliation politique n'ayant toujours rien à voir. L'installation a été mise en place 5 ans plus tôt, pour un coût total de 32000€, sur une étable abritant des vaches laitières d'une part (10 kW), et sur l'habitation à proximité d'autre part (7,8 kW). Concernant l'étable, beaucoup de machines consomment énormément d'électricité comme les refroidisseurs à lait, les pompes des machines à traire, une pompe immergée pour un puits, … Il ne couvre donc qu'une partie de sa consommation, mais espère que d'ici 2-3 ans son installation sera rentabilisée (8 ans en tout donc). C'est typiquement le cas d'une personne satisfaite du système, sans rien à améliorer en particulier. Il y avait beaucoup de démarchage à l'époque, dont un représentant commercial, qui travaillait pour Rénov-électric (installateur bruxellois) et habitait la région, ce qui a mené à l'installation PV dans cette ferme. Mr. Musex en a été très satisfait et la société a même pris en charge les démarches administratives pour les CV (Musex, 2015).

- ***Entreprise de carrelage Van Den Brande Pascal (3)***

Figure 37 : Entreprise de carrelage Van Den Brande (photo personnelle)

Cette TPE (Très Petite Entreprise) est une exception dans l'échantillon, dans le sens où l'installation est liée au logement qui se situe sur le même terrain que l'entreprise. Mais l'opinion de Mme. Van Den Brande étant assez pertinente, elle a été conservée dans l'analyse. La motivation pour cette nouvelle installation (moins d'un an) était uniquement économique, et c'est le bouche-à-oreille qui a orienté vers le choix du PV. Deux grandes critiques sont émises vis-à-vis du système. Tout d'abord, l'installateur a fait preuve d'un manque de professionnalisme lors de la pose des panneaux, occasionnant un trou dans la toiture. Aucun entretien n'est assuré par cet installateur, contrairement au cas précédent (entretien **(2)**). Mme Van Den Brande s'affiche relativement découragée vis-à-vis des mécanismes de soutien, pour lesquels les démarches par ordinateur sont apparues comme assez peu accessibles. L'assistance de la CWaPE n'a pas non plus été optimale et assez peu de documents explicatifs ont été fournis. Une fois de plus, il en ressort une nécessité de simplification des démarches.

Etant surtout actifs chez les clients, l'entreprise consomme très peu d'électricité sur place. Une installation qui lui est propre semble donc peu judicieuse. Elle ne serait envisagée qu'avec un autre installateur (Van Den Brande, 2015).

- ***Ferme Maisoncelle (4)***

Figure 38 : Ferme de Maisoncelle à Walcourt (photo personnelle)

Dans cette ferme à proximité de Walcourt (province de Namur), l'installation date de 2013 et sa puissance s'élève à 40 kW. Le temps de retour sur investissement annoncé était de 7 ans mais M. Benoît, l'un des gérants de cette ferme, estime plutôt une durée de 10 ans. Les besoins en électricité sont importants, avec une consommation assez régulière puisque ce sont des étables pour poulets d'engraissement de chair, d'où l'intérêt d'avoir recours au PV. Une fois de plus, les motivations étaient donc principalement économiques, certainement pas politiques, et les aspects environnementaux sont plus vus comme un « bonus ». C'est suite à un démarchage commercial spécifique aux fermes (dans tous les poulaillers, toutes les porcheries et les salles de traite) et après des devis réalisés chez divers installateurs que la décision a été prise.

Techniquement, il n'y a rien à redire sur l'installation. Mr. Benoît soulève tout de même le problème du traitement en fin de vie, pour lequel il craint d'encore devoir payer une somme conséquente. Mais c'est plutôt du côté des démarches administratives que les plaintes sont plus marquées. En effet, étant très peu familier de l'informatique, les démarches administratives pour les CV ont été ressenties comme très pénibles. L'aide trouvée du côté de la CWaPE s'est aussi avérée relativement lente, les échanges se faisant surtout par mail. Au final, il a engagé quelqu'un tout spécialement pour s'occuper de ses CV, pour ne pas devoir constamment rappeler l'installateur (Energreen) pour se faire aider (Benoît, 2015).

- ***CRIC - Climatisation Réfrigération Industrielle et Commerciale (5)***

Le bref entretien avec le chef de cette petite entreprise (Mr. Huart), dans le zoning de Chastrès (province de Namur), a mis en évidence une motivation à 100% économique pour l'installation PV. Non seulement ils bénéficiaient de toutes les aides à l'époque, vers 2009-2010, mais en plus ils ont procédé à l'installation eux-mêmes. C'était cependant assez exceptionnel, les panneaux PV n'entrant pas forcément dans leur activité de base. De cette manière, ils ont pu rentabiliser le système en 5 ans et ils continuent de bénéficier des CV. Tout en reconnaissant la lenteur administrative des démarches, le fait que tout soit informatisé ne pose pas de problème dans ce cas-ci, bien au contraire (plus simple, moins de gaspillage de papier, …). Il en ressort un bon degré de satisfaction pour le système dans son ensemble (Huart, 2015).

- ***Jardinerie de l'Eau d'Heure (6)***

Figure 39: Jardinerie de l'Eau d'Heure (photo personnelle)

Egalement localisée dans le zoning de Chastrès, cette jardinerie fait partie des quelques cas d'entreprises qui reconnaissent leurs motivations environnementales dans le choix du recours au PV. En l'occurrence, il ressort une certaine cohérence avec l'image de l'entreprise, « proche de la nature ». Le gérant, Mr. Bogers, revendique un intérêt pour les ER, disposant aussi de panneaux PV à son domicile et ayant également installé un poêle à pellets pour cette même jardinerie. Il reconnaît cependant que pour les modules PV, les aspects économiques ont eu un poids plus important dans la décision, à raison de 70% contre

30% pour l'environnement. En termes d'incitants financiers, l'installation en question n'a donné accès qu'aux CV et pas à d'autres aides.

L'entreprise a une grosse consommation d'électricité, essentiellement pour l'éclairage, et le fait qu'il disposait déjà de panneaux en tant que particuliers a suffit pour adopter le PV pour l'entreprise. A noter tout de même que la proximité avec d'autres entrepreneurs du zoning (entretien **(5)**) a eu une certaine influence, puisque c'est MG Energy (entretien **(10)**) qui s'est occupé de l'installation. Pratiquement aucune plainte vis-à-vis du système n'a été avancée, pas même sur les démarches administratives comme c'était souvent le cas pour d'autres entreprises (Bogers, 2015).

- ***Ferme à Gerpinnes (7)***

Figure 40: Ferme, rue de Walcourt, Gerpinnes (photo personnelle)

Troisième et dernier fermier interviewé, Mr. Frippat dispose d'une installation de 10 kW pour sa ferme, ainsi qu'une installation de 5kW pour sa maison juste à côté (66 panneaux en tout, 44 pour l'étable et 22 pour la maison). Il s'est intéressé à la filière suite à un démarchage commercial. Il a ensuite fait appel à un installateur qu'il juge très compétent et qu'il peut appeler en cas de souci. Une première réserve déjà émise par celui-ci est par contre liée à la taille limite de l'installation : il couvre avec son système actuel un peu plus de la moitié de ses besoins, or il aurait voulu au moins couvrir 4/5 de sa consommation. Le problème était qu'en augmentant encore la puissance, il entrerait dans la catégorie « producteur » et cela allait nécessiter une étude d'incidence, des coûts supplémentaires, etc. Pour sa part, le traitement en fin de vie ne le tracasse pas du tout : « Quand j'achète un outil, si il ne va plus après 10 ans, on change et puis c'est tout. Ici c'est pareil ».

Les motivations sont ici principalement économiques, avec un temps de retour sur investissement de 4 ans (2 ans déjà fait et 2 ans encore à faire). Malgré le changement de système, ce gérant est conscient d'une rentabilité effective, ne serait-ce qu'avec les économies sur les factures d'électricité et ce qu'il reste des CV. A ce sujet, c'est le premier à parler spontanément des problèmes liés à la redevance réseau. Il ressent en effet une certaine gêne dans le fait de faire augmenter les factures de ses voisins non-détenteurs de panneaux. Si c'était à refaire pour lui, il n'aurait pas recours au PV mais plutôt à des kits « biogaz » dont il a appris l'existence récemment, qui consistent à produire de l'électricité grâce aux gaz émanant du fumier (Frippat, 2015).

- ***Van Dyck Frères : Vente en gros de fruits et légumes (8)***

Dans la périphérie de Namur (à Bomel plus exactement), cette entreprise dispose d'une installation PV depuis 3 ans, constituée de 200 panneaux pour 40 kW installés. Dans leur cas, ce n'est pas tellement l'éclairage qui demande beaucoup d'électricité mais surtout les frigos dans lesquels ils stockent les fruits et légumes. D'ailleurs, même avec ce système de grande envergure, ils ne couvrent qu'un tiers de leurs besoins. Les gérants se verraient bien éventuellement rajouter encore des panneaux, sur le toit de l'entrepôt cette fois (les panneaux déjà présents se trouvant sur une butte juste à côté). La motivation est principalement économique, avec un intérêt prononcé pour les CV, sans lien avec l'affiliation politique et un aspect environnemental plutôt secondaire. Ils sont globalement assez satisfaits du système : l'installateur est assez compétent et assure un suivi annuel, il n'y a pas eu de problèmes lors du chantier, l'habitude de la démarche informatisée des CV a rapidement été prise et ils ont une personne de contact à la CWaPE en cas de besoin (Van Dyck Frères, 2015).

Figure 41 : Van Dyck Frères avec l'entreprise à gauche et l'installation PV à droite (photos personnelles)

- ***Carlier Bois (9)***

Considérée comme une entreprise de taille moyenne, Carlier Bois se situe à Saint-Nicolas, en périphérie-est de Namur. Son gérant, Mr. Carlier, voit la filière PV comme une solution aux problèmes environnementaux et de sécurité d'approvisionnement énergétique du pays. En effet, en 2008, le baril de pétrole était monté à environ 140$ et la dépendance vis-à-vis du Moyen-Orient était particulièrement évidente. Il a donc décidé, dès 2009, de mettre en place une installation PV de 40 kW pour son entreprise, comme solution à petite échelle à ces problèmes géopolitiques. Malheureusement, sa démarche ne s'est pas bien passée pour plusieurs raisons. Tout d'abord, il a opté au départ pour une technologie dite de 3ème génération, en forme de tubes avec des cellules PV à 360°. Or le rendement de ce type d'installation s'est avéré bien en-dessous de ce qui était prévu, et l'entreprise américaine qui fabriquait ces panneaux est rapidement tombée en faillite face à la concurrence (déloyale selon lui) de la Chine. De plus, son installateur est lui-même tombé en liquidations peu de temps après la pose des panneaux. Par conséquent, le dossier a pris beaucoup de retard, les démarches administratives restant en suspens, etc. C'est l'aide apportée par un client installateur qui a finalement permis au système d'être fonctionnel (en rajoutant notamment une série de panneaux classiques – voir figure 42, à droite – parce que l'installation était sous-dimensionnée).

Figure 42 : Carlier Bois avec l'entreprise à gauche et l'installation PV sur le toit à droite (photos personnelles)

Malgré que cette procédure lui ait donné du fil à retordre, Mr. Carlier est désormais satisfait de son installation, notamment pour sa rentabilité avec les importants subsides de l'époque et les CV, mais aussi pour le fait de produire de l'énergie propre. Au départ son temps de retour sur investissement avait été estimé à 5 ans et demi en 2009, mais comme l'installation n'a été opérationnelle qu'en 2012, il en a encore pour quelques années pour la rentabiliser financièrement. Une dernière réserve est émise à propos de la sécurité de ce genre de technologie. N'ayant pas eu de problème pour l'instant, il se méfie tout de même de la prise de vent (c'était d'ailleurs aussi pour cela qu'il avait choisis les tubes au départ) (Carlier, 2015).

- ***MG Energy (installateur) (10)***

MG Energy est une entreprise dont l'activité est basée sur l'économie d'énergie au sens large, avec l'installation de panneaux PV mais aussi de pompes à chaleur, de chaudières à condensation, de système de ventilation, etc. La politique de Gilles Magis, chef de l'entreprise, est donc de coordonner différentes technologies pour ses clients(Magis, 2015). Son cas sera plus amplement envisagé dans la section 4.4 (page 85), consacrée au rôle des installateurs.

Figure 43 : Bâtiment de MG Energy avec son suiveur solaire à droite (photos personnelles)

4. Discussion

Grâce à toutes ces interviews, l'attitude des entreprises vis-à-vis de la filière solaire PV est déjà plus claire, mais il convient de revenir sur plusieurs aspects redondants dans l'échantillon. Nous insistons donc, à travers cette discussion, sur les différents leviers et motivations ainsi que sur les barrières à l'adoption du PV dans le secteur de l'entreprenariat.

4.1. Quelles entreprises installent du PV en Belgique et pour quelles raisons ?

L'échantillon d'entreprises interviewées, bien qu'il ne soit pas représentatif de toutes les entreprises de la RW et de la RBC (et encore moins de toute la Belgique), suggère déjà une certaine diversité dans celles qui adoptent la technologie PV. Les secteurs d'activité sont en effet très variés : agriculture et élevage, construction, commerces, etc. Idem pour la taille : cela va de la microentreprise comme Van Den Brande **(3)** à l'entreprise moyenne comme Carlier Bois **(9)**, en passant par des tailles intermédiaires comme la jardinerie **(6)**. Un premier paramètre essentiel et évident est une forte demande en électricité. Par exemple, l'entreprise de carrelage **(3)** n'a pas une consommation électrique vraiment conséquente vu son envergure et vu son activité se déroulant surtout en extérieur. Le fait qu'elle n'ait pas encore recours au PV fait sens. Van Dyck Frères **(8)** par contre, avec des frigos qui doivent fonctionner en permanence pour conserver les fruits et légumes, consomme énormément et il est logique qu'ils aient pensé à installer. Ensuite, encore faut-il disposer des infrastructures nécessaires pour installer des panneaux : un toit ou une surface au sol adéquate, un ensoleillement suffisant, … ce qui renvoie au point suivant, abordant la différence entre villes et campagnes.

Dès que les besoins en électricité de l'entreprise sont suffisants et que les infrastructures nécessaires sont disponibles, interviennent les différents types de motivation. La plus importante, qui s'impose dans l'ensemble des interviews, est la motivation économique. Certaines entreprises la considèrent même comme l'unique raison qui justifie leur installation PV, comme c'est le cas pour CRIC **(5)** par exemple. D'autres, tout en gardant les retours financiers comme principal argument, mentionnent tout de même le bénéfice environnemental, mais qui est plus vu comme du « bonus », comme un avantage collatéral. Viennent ensuite les entreprises qui manifestent un intérêt prononcé pour les avantages environnementaux liés aux panneaux PV. Ceci s'explique parfois par une certaine cohérence avec l'image de marque de l'entreprise, comme Cycle Devos **(1)** qui revendique la réduction de la pollution dans les villes ou la Jardinerie de l'Eau d'Heure **(6)** dont les produits sont étroitement liés à la préservation de la nature. L'intérêt pour l'environnement de Carlier Bois **(9)** relève plutôt d'une forte conscientisation environnementale du chef de l'entreprise, Mr. Carlier. Ce dernier se rend effectivement bien compte de tous les enjeux environnementaux de la technologie PV, ce qui semble être moins le cas des autres personnes interviewées. Enfin, on peut remarquer qu'aucune entreprise n'a manifesté d'affiliation politique, écolo ou autre, qui ait pu influencer son

jugement sur le solaire PV. Trois catégories assez simples peuvent en fait être distinguées, entre lesquelles les entreprises interviewées se répartissent assez bien :

- La motivation à 100% économique : Carrelages Van Den Brande **(3)**, CRIC **(5)**, la ferme de Gerpinnes **(7)**.
- La motivation surtout économique, avec « bonus » environnemental : Ferme d'Yves-Gomezée **(2)**, Ferme de Maisoncelle **(4)**, Van Dyck Frères **(8)**.
- La motivation environnementale prononcée (sans pour autant négliger l'aspect financier) : Cycle Devos **(1)**, Jardinerie de l'Eau d'Heure **(6)**, Carlier-Bois **(9)** et MG Energy **(10)**.

4.2. Distinction ville-campagne

A l'image des particuliers, l'accessibilité de la technologie PV pour les entreprises va premièrement être influencée par la structure du bâti. Les villes ont effectivement le désavantage de présenter un bâti très dense, avec des bâtiments plus élevés et plus souvent des toits plats. Par conséquent, il y a beaucoup plus de problèmes d'ombrage et d'accessibilité pour le chantier qu'avec des maisons 4 façades en campagne par exemple ; sans parler des coûts supplémentaires parfois occasionnés par les installations en toiture plate. Comme expliqué dans l'étude de la distribution spatiale, la puissance PV installée dans les entreprises a malgré tout tendance à se concentrer dans les communes ou dans les secteurs statistiques les plus urbanisés. Les grosses entreprises, qui installent souvent en masse, viennent en effet profiter des infrastructures de transport et de la clientèle des grandes villes comme Bruxelles, Charleroi, Namur et Liège. C'est par exemple le cas de Carlier Bois **(9)** et de Van Dyck Frères **(8)** qui sont venus s'implanter juste en périphérie de Namur et qui ont par la suite eu recours à des installations PV de grande envergure. De leur côté, les plus petites entreprises qui ont recours au PV peuvent se retrouver un peu partout, autant en pleine ville de Bruxelles comme Cycle Devos **(1)** que dans des zonings industriels plus excentrés des villes comme CRIC **(5)** et la Jardinerie de l'Eau d'Heure **(6)**. Mais il est surtout intéressant d'observer la contribution significative du secteur agricole au parc PV en zone rurale.

Plusieurs facteurs semblent pouvoir expliquer cet attrait des fermiers pour le PV :

- Ces acteurs ont été privilégiés à plusieurs niveaux dans la sensibilisation à la filière PV, lorsqu'elle était en plein essor. L'entretien avec la ferme Maisoncelle **(4)** a montré que le démarchage de certains représentants se faisait spécifiquement dans les fermes (salles de traite, porcheries, poulaillers) de régions données. Les 3 fermes interviewées, chacune démarchées par un représentant différent, tiennent sur un périmètre assez réduit, à raison d'une trentaine de kilomètres. Ainsi, bon nombre d'autres fermes de la région ont fort probablement été sensibilisées. De plus, les grands salons déjà mentionnés comme Batibouw, Energie+ à Marche-en-Famenne mais surtout la Foire agricole, forestière et agroalimentaire de Libramont faisait des agriculteurs, encore il y a 2-3 ans de cela, des cibles privilégiées pour l'installation de panneaux PV, avec parfois des sections entières consacrées à la filière. Conjointement à une très forte baisse de la demande, cette forme de publicité a pratiquement disparu, mais le parc PV en milieu rural aura eu le temps d'être fortement stimulé (Germani, 2015).

- Au-delà de la communication faite dans ce secteur agricole, les fermiers et éleveurs se sont aussi avérés particulièrement réceptifs à cette technologie. Tout d'abord, les panneaux PV répondent à des besoins en électricité très conséquents : des machines à traire et machines à refroidissement du lait (Ferme d'Yves-Gomezée **(2)** et Ferme de Gerpinnes **(7)**), des étables pour poulets d'engraissement de chair qui doivent rester éclairées en permanence (Ferme de Maisoncelle **(4)**), des porcheries, … A tel point que les installations PV ne couvrent généralement qu'une partie de la consommation, même quand elles sont de grande envergure. Quoiqu'il en soit, celles-ci offrent l'opportunité de diversifier les sources de revenu pour les fermiers.

- Un dernier levier pour ces acteurs est aussi leur accès exceptionnel à plusieurs codes EAN. « Ce code EAN (« European Article Numbering ») est notamment utilisé pour identifier un point de fourniture de gaz et d'électricité. Un code de 18 chiffres existe pour chaque point de fourniture et pour chaque énergie (électricité et gaz naturel) » (Energuide, 2015). Comme ces codes sont rattachés à des lieux et pas à des personnes, les agriculteurs ont souvent la particularité d'en avoir plusieurs : un pour leur maison, un pour leur étable, un pour leur entrepôt, etc. Or, pour chaque code EAN, ils peuvent mettre en place une installation de moins de 10 kW. De cette manière, ils évitent de passer dans la catégorie « producteurs » tout en cumulant les installations, ce qui peut représenter un réel jackpot financier (Germani, 2015).

4.3. Perception des mécanismes de soutien

Dans la mesure où la rentabilité économique fait toujours partie des motivations à l'adoption PV, de manière plus ou moins prononcée d'une entreprise à l'autre, le rôle des mécanismes de soutien se devait d'être précisé. Ces incitants, et tout particulièrement les CV, sont en effet souvent avancés comme des arguments de poids en amont de la décision. Par contre, en aval, les démarches administratives associées à ces incitants financiers sont fréquemment critiquées. Le fait que la procédure des CV soit entièrement informatisée pose problème aux personnes ayant moins d'affinités avec l'informatique en général. Ce genre de gêne s'est surtout manifestée chez Mr. Rousseau de Cycle Devos **(1)**, Mme. Van Den Brande de l'entreprise de carrelage **(3)** et Mr. Benoît de la ferme Maisoncelle **(4)**. Ce dernier en est même venu à engager quelqu'un tout spécialement pour s'occuper de ses CV. Une plainte plus générale résulte aussi du fait que la CWaPE était assez peu disponible pour répondre à ce genre de problème. Par contre, il est apparu que certains installateurs, comme Rénov-électric pour la ferme d'Yves-Gomezée, prennent en charge toutes ces démarches administratives. Ce type de service, offert par quelques installateurs ou par des personnes spécialisées comme pour la ferme Maisoncelle, résout très souvent ce problème de lourdeur administrative, et allège par la même occasion les demandes du côté de la CWaPE (évitant qu'elle se retrouve débordée). Une autre solution serait de proposer une alternative « papier » pour les CV, rendant les démarches plus accessibles à tous les publics.

4.4. Le rôle majeur des installateurs dans le système

Comme nous avons pu le voir, les services procurés par les installateurs ne sont pas toujours les mêmes d'un cas à l'autre. Certains installateurs assistent leurs clients dans toutes les démarches administratives liées aux mécanismes de soutien et proposent des entretiens annuels, une récupération des panneaux en fin de vie (ferme Maisoncelle **(4)**), … tandis que d'autres s'arrêtent strictement après la pose des panneaux sans aucun service après-vente. Or, le fait que ces services soient rendus ou pas par l'installateur va fortement influencer la satisfaction des clients quant à leurs panneaux. Ayant pu constater ce rôle central des installateurs dans le système, un entretien a été organisé avec Gilles Magis, gérant de MG Energy **(10)**.

Cet entrepreneur n'est pas uniquement spécialisé dans les panneaux solaires mais dans toute une gamme de technologies pour lesquelles il assure une coordination chez les clients. Il s'agit d'une petite entreprise localisée dans le zoning de Chastrès au sud de Charleroi, fondée en 2006 et employant 13 personnes à temps plein. Vers 2008-2009, avec les primes et incitants financiers mis en place par la RW, le solaire PV a pris une grande part dans leur activité, représentant alors 35% de son chiffre d'affaire. Mais depuis le coup d'arrêt de la filière, ils n'installent pratiquement plus de panneaux PV (uniquement une commande en 2015). En termes de clientèle, il considère la sienne comme très variée, avec quelques chantiers en RBC mais une activité plutôt axée sur la RW. La tranche d'âge qui ressort surtout est de 30 à 45 ans, même si certains de ses clients sont pensionnés.

Selon cet installateur, l'effondrement du marché résulte à la fois d'une volonté du gouvernement, avec la réduction du soutien, et d'une perte de confiance (à cause notamment d'une communication

désastreuse) dans une filière qui a pourtant un réel potentiel. Mais il reconnaît aussi que les installateurs ont clairement joué un rôle dans le fait que le secteur soit tiré vers le bas. En effet, une recherche perpétuelle des moindres coûts a donné lieu à une perte significative de qualité d'installation. Beaucoup d'installateurs en venaient d'ailleurs à négliger les formations et à employer une main d'œuvre étrangère qui n'amène rien à la manne fiscale belge. Selon Mr. Magis, beaucoup d'installations vont devoir être refaites ou démontées dans les années à venir à cause de couvreurs et d'électriciens qui n'étaient pas compétents dans le secteur PV mais qui ont voulu s'y essayer. Il a même fait l'expérience d'une installation où tout était à refaire (étanchéité, type de vis, solidité et sécurité, …) et qui pourtant avait été réalisée par un installateur labellisé, signataire d'une charte de qualité. Un réel manque de contrôle et de contraintes par rapport à ces chartes entraîne la perte de leur fonction première. Le vide en matière de formations et la perte de valeur des chartes et des labels aboutit donc à un grand nombre de malfaçons pour une technologie qui est censée durer 25-30 ans.

Les bons centres de formation ne manquent pourtant pas, mais l'idée est vraiment de rogner sur tous les coûts pour faire du profit à court terme, quitte à perdre en qualité. Pour sa part, l'installateur a toujours été contre le fait de réduire la qualité des produits et il participe à un maximum de formations pour se renouveler constamment. Par exemple, il se positionne contre les panneaux PV du marché asiatique, ayant déjà observé des modules thaïlandais de qualité médiocre avec un mauvais dimensionnement. C'est pourquoi cet installateur privilégie le plus possible les fournisseurs locaux ou au moins européens, en important des panneaux d'Allemagne, de Grèce et des Pays-Bas. Il a même visité certaines chaînes de production pour s'assurer de la fiabilité de ses fournisseurs. Mais cette politique de vente n'est pas simple à assumer, car en proposant des installations de qualité à un prix un peu plus important, les attentes des clients sont du coup très élevées (Magis, 2015). Il pourrait donc être crucial de mieux former les installateurs à l'avenir, avec en complément des chartes ou des labels plus contraignants, pour redynamiser ce secteur de l'énergie.

4.5. Les moyens de diffusion de la technologie pour les entreprises

Pour reprendre le point de vue de l'installateur MG Energy, il estime qu'au départ, la publicité dans les journaux locaux, à la radio (choisir la station appropriée selon le public visé) et le démarchage auprès d'architectes peut suffire à se lancer. Mais à partir du moment où l'entreprise a assez d'ancienneté, le bouche-à-oreille partant des clients satisfaits doit permettre d'avoir une activité régulière (Magis, 2015). Comme expliqué par David Germani, « le meilleur démarchage est celui qui aboutit à une installation de qualité « (Germani, 2015), car le phénomène de bouche-à-oreille qui en résulte va potentiellement permettre de toucher toute une région. Cela s'est confirmé dans les entretiens réalisés avec les entreprises. Par exemple, le démarchage d'un seul représentant commercial (Jean-Pol Bertrand de Renov-Electric) dans la région de Walcourt a permis un grand nombre d'installations dans cette région, particuliers et entreprises confondus, y compris celle de la Ferme d'Yves-Gomezée **(2)**. L'autre exemple flagrant est celui du zoning de Chastrès : des panneaux solaires PV sont observables sur bon nombre de toits, sur ceux de la Jardinerie de l'Eau d'Heure **(6)** et du CRIC **(5)** mais aussi dans d'autres entreprises. La présence de l'installateur MG Energy **(10)** en plein milieu du zoning, avec un suiveur solaire pour la visibilité, ne doit pas y être pour rien. A noter aussi un lien intéressant entre particuliers et entreprises, à savoir le fait qu'une installation réussie dans une entreprise peut inciter les employés ou les gérants à en installer à domicile.

5. Limites

Tout comme pour l'analyse statistique, cette approche qualitative des entreprises n'est pas exempte de défauts et deux grandes limites doivent être précisées :

- Tout d'abord, la forme des entretiens ne respecte pas toujours les règles de l'art de l'entretien semi-directif. Le fait de ne pas prendre rendez-vous et de se rendre

directement sur place a parfois eu tendance à prendre les personnes au dépourvu, et il fallait alors forcer un peu le dialogue avec plus de questions, ce qui n'est pas l'idéal. Vu la disponibilité des personnes interviewées, la durée des entretiens était souvent limitée à une dizaine de minutes en moyenne, ce qui n'est pas suffisant pour créer un réel lien de confiance. L'environnement n'était pas non plus toujours adéquat (comptoirs du magasin, dans les entrepôts, …) même si les enregistrements des entretiens a évité la perte d'informations.

- L'autre limite majeure de cette procédure se trouve dans la représentativité de l'échantillon d'entreprises. Là où l'analyse statistique permet de couvrir presque toutes les installations PV des particuliers en RBC, cette méthode qualitative est loin d'avoir pris, en considération tous les types d'entreprise ayant installé du PV dans les deux régions. D'ailleurs un seul entretien a été fructueux en RBC (avec Cycle Devos **(1)**) et l'analyse aurait gagné à en interviewer une ou deux en plus. Idem pour les secteurs d'activité : excepté pour le cas des fermes, il est compliqué d'identifier des redondances avec seulement 10 entretiens.

Une alternative méthodologique à ces entretiens, potentiellement plus appropriée, aurait été une forme de questionnaire avec quelques questions ouvertes. Un plus grand nombre d'entreprises auraient été interrogées, avec une meilleure représentativité, mais le problème résidait dans la manière de diffuser ces questionnaires et surtout de les récupérer. Il n'empêche que les résultats sont tout-à-fait pertinents et complets par rapport aux thèmes qui devaient être abordés, et cette manière de fonctionner a permis de rencontrer un nombre satisfaisant d'entrepreneurs, donnant lieu à des discussions assez ouvertes (beaucoup plus de refus ou d'absence de réponse en essayant de prévoir un rendez-vous par mail ou par téléphone).

6. Conclusion

En guise de conclusion, il est intéressant de revenir sur les principaux enseignements tirés de ces entretiens réalisés en RW et RBC, au sujet des freins et leviers à l'adoption de la technologie PV dans les entreprises. Cette adoption repose avant tout sur des critères « objectifs », indépendamment des choix de l'entreprise (on pourrait aussi parler de critères « systémiques »). Il faut en effet que celle-ci dispose des infrastructures nécessaires pour une installation PV (un toit ou une surface au sol assez grande et bien exposée), ce qui dépend aussi de la localisation en ville ou en campagne. Mais au-delà de ça, l'activité de l'entreprise doit engendrer une consommation en électricité suffisamment importante que pour susciter l'intérêt de panneaux PV (frigos, diverses machines dans le secteur agricole, …). A noter que toutes les actions de sensibilisation au PV, comme le démarchage commercial, la publicité des installateurs, la représentation de la filière dans des showrooms, vont aussi influencer l'adoption ou la non-adoption.

Ensuite viennent les critères « subjectifs », plus individuels et propres à chaque entreprise. Ce sont les motivations à l'adoption de la technologie. Celles-ci sont très souvent financières mais certains entrepreneurs manifestent également un intérêt plus ou moins prononcé pour l'environnement, avec parfois une certaine cohérence avec l'image de marque de l'entreprise.

Une fois l'installation adoptée, plusieurs facteurs vont jouer sur le degré de satisfaction de l'entreprise. Les mécanismes de soutien, par exemple, constituent souvent un argument de poids dans l'adoption, mais ils sont aussi à la source de frustrations ultérieures dues à une certaine lourdeur administrative. Le degré de satisfaction dépendra aussi directement de l'installateur : de la qualité de son installation mais aussi des services qui sont rendus a posteriori. Cette satisfaction vis-à-vis des systèmes PV est d'autant plus importante que cela peut donner lieu, comme pour les particuliers, à un phénomène de bouche-à-oreille (au sein d'un zoning par exemple) et donc à une diffusion spontanée de la technologie.

Conclusion du mémoire

1. Apports et limites de l'étude

La technologie solaire PV s'est positionnée, cette dernière décennie, comme l'une des options les plus prometteuses identifiées jusqu'ici pour répondre à une consommation mondiale en électricité qui ne cesse de croître. Pour cause, elle exploite une source d'énergie propre et illimitée, présente des temps de retour énergétique et CO2 faibles et offre un potentiel d'emploi et de développement économique conséquent. En contrepartie, les installations PV imposent encore des coûts d'investissement élevés, sont tributaires de l'ensoleillement et certaines étapes de leur cycle de vie peuvent être dommageables pour l'environnement. Quoiqu'il en soit, avec la remise en cause de l'énergie nucléaire notamment, beaucoup de pays développés ont saisi l'opportunité que représentait l'énergie solaire PV, comme la Chine, le Japon, les Etats-Unis et dans une très large mesure l'Allemagne. Des régions comme le Moyen-Orient et l'Afrique accusent un certain retard dans cette filière, faute de moyens pour la développer, malgré les possibilités offertes pour électrifier les zones rurales les plus reculées à moindre coût.

Actuellement, un fort contraste subsiste entre un marché PV mondial en pleine croissance et une UE qui peine encore à développer ce secteur. La Belgique n'échappe d'ailleurs pas à la récession touchant l'UE et présente une part de nouvelles installations très pauvre pour l'année 2014 (SmartGuide, 2014). Pourtant, les chiffres attestent d'une bonne implantation de la filière PV dans le pays, avec une puissance cumulée de 3,1 GWc fin 2014, soit 0,28 kWc par habitant. Cette puissance s'est surtout installée entre 2009 et 2012, avec un pic en 2011 (APERe, 2015), ce qui coïncide assez bien avec l'évolution des mécanismes de soutien dans le pays. Au départ, vers 2008-2009, plusieurs mesures ont donc été lancées pour développer la technologie, surtout chez les particuliers : une déduction d'impôt au niveau fédéral et communal, des primes régionales (et parfois communales) à l'installation et un système de tarifs d'achat garantis pour les surplus d'électricité verte (les certificats verts). En comptant en plus les économies sur les factures d'électricité et la diminution progressive des coûts via l'industrie chinoise notamment, les temps de retour sur investissement étaient très intéressants. Face à une telle croissance, le marché a rapidement été confronté à plusieurs problèmes : une offre surabondante de CV dépassant largement la demande des fournisseurs d'électricité et même d'Elia, l'augmentation de la facture d'électricité des non-détenteurs de panneaux, … A tel point que l'Etat et les 3 Régions ont dû réagir à plusieurs reprises, avec d'abord la suppression des primes en RW, puis l'annulation de la déduction fiscale, l'ajustement voire la suppression des CV (selon les Régions), et plus récemment le projet de redevance réseau pour 2017. L'ensemble de ces phénomènes a abouti à un coup d'arrêt important pour le marché PV belge depuis 2014, ce qui traduit une réelle perte de confiance dans la filière, qui reste pourtant rentable même avec les nouveaux mécanismes de soutien.

Dans ce contexte, il s'agirait déjà de comprendre comment se répartissent les systèmes PV jusqu'ici installés en RBC et en RW, pour les ménages et pour les entreprises (PARTIE I). Ensuite, certains publics ont dû saisir cette opportunité dans une plus large mesure que d'autres. C'est pourquoi le cas des particuliers en RBC est approfondi à travers une analyse statistique, plus exactement une ACP suivie d'une régression multiple (PARTIE II). Le cas des entreprises n'a pas pour autant été négligé et fait donc l'objet d'une analyse, qualitative cette fois. Dix entreprises, dont un installateur, ont ainsi été interviewées afin de mettre en évidence certains profils d'entrepreneurs ayant eu recours au PV et les principaux leviers et freins auxquels ils ont été confrontés (PARTIE III). En définitive, l'objectif a été de mieux comprendre le parc PV belge actuel, en termes de distribution spatiale mais aussi par rapport au caractère socio-économique de la demande, incluant les mécanismes de soutien. De cette manière, quelques recommandations ont pu être émises pour relancer cette filière en déclin.

Tout d'abord, il convient de revenir sur les principaux enseignements tirés dans le cas des particuliers. La RW a vu son parc PV se développer essentiellement grâce aux ménages, qui représentent 89% de la puissance installée. Ceux-ci semblent surtout avoir été influencés par des facteurs comme le revenu, le phénomène de bouche-à-oreille, l'image de la technologie PV donnée dans la presse ou encore les dynamiques locales propres à chaque commune (Germani, 2015). Le pattern de distribution spatiale dans la région varie selon que l'on ramène la puissance installée à la population ou non. En valeurs absolues de puissance PV, il apparaît une opposition entre le nord (qui rassemble toutes les grandes villes densément peuplées) et le sud (plus vide de population), tandis que la carte de puissance per capita aboutit plutôt à une opposition est-ouest, avec des provinces de Liège et du Luxembourg bien mieux représentées.

En région bruxelloise, à l'inverse de la RW, les particuliers ne couvrent que 16% du parc PV, le reste étant consacré aux entreprises. En l'occurrence, la puissance installée par les ménages est significativement plus élevée en périphérie, avec un pattern assez similaire entre la puissance absolue et la puissance per capita. Les communes de Uccle, Watermael-Boitsfort, Auderghem, Woluwé-Saint-Pierre et Woluwé-Saint-Lambert, ainsi que les parties habitées de Laeken, Jette, Ganshoren et Berchem-Sainte-Agathe, contribuent donc largement à la puissance installée dans la région. Par ailleurs, cette opposition centre-périphérie apparaît également dans la cartographie socio-économique de la RBC, ce qui suggère une corrélation entre la puissance installée et le profil socio-économique des ménages. Une analyse statistique a donc été réalisée afin de tester ce lien potentiel entre la puissance PV et 7 catégories d'indicateurs socio-économiques : la démographie, l'éducation, la composition de ménage, le statut économique, le marché du travail, l'affiliation politique et le logement. Les résultats révèlent toutefois un faible coefficient de détermination entre les variables socio-économiques sélectionnées et la puissance installée. Le modèle le plus approprié n'explique en effet que 23,6% de la variabilité de la puissance, avec une forte influence positive de la densité de population, de la part de résidents belges, du revenu moyen par déclaration, de la part de propriétaires et des montants de primes à la rénovation. Ce modèle révèle d'autre part une influence négative du pourcentage de votants Ecolo. De meilleurs indicateurs pour les mécanismes de soutien, pour les convictions environnementales et pour certains aspects techniques auraient probablement contribué à améliorer le modèle en question.

Ensuite, le cas des entreprises a également été envisagé dans les deux régions étudiées. En termes de distribution spatiale, les entreprises wallonnes se regroupent le plus souvent dans les communes les plus urbanisées comme Liège, Namur ou Charleroi. La périphérie de ces villes ne doit cependant pas être oubliée puisque les PME et les entreprises agricoles adeptes de panneaux PV peuvent également s'y épanouir. A l'échelle de la RBC, où les grandes entreprises et industries dominent la filière PV, les installations professionnelles sont surtout présentes dans les secteurs à vocation industrielle le long du canal Bruxelles-Charleroi, et dans une moindre mesure dans le centre-ville. Plusieurs leviers et freins à l'adoption de la technologie PV ont ainsi pu être identifiés, grâce à des entretiens semi-directifs en RW et en RBC. Premièrement, des critères objectifs, comme la disponibilité des infrastructures (toits, exposition, …), un minimum de besoins en électricité ou encore une communication suffisante (démarchage, showrooms, …) vont déterminer si l'adoption est abordable et appropriée pour l'entreprise. Deuxièmement, ce sont des critères plus subjectifs qui influencent la décision de l'entreprise d'avoir recours ou non à cette technologie. Ces motivations oscillent généralement entre les intérêts financiers, incluant les mécanismes de soutien, et les convictions environnementales. Enfin, une fois l'installation adoptée, plusieurs facteurs jouent sur le degré de satisfaction de l'entrepreneur, comme la lourdeur administrative inhérente aux mécanismes de soutien ou la qualité des services rendus par l'installation. Cette satisfaction vis-à-vis des systèmes PV est d'autant plus importante que cela peut donner lieu, comme pour les particuliers, à un phénomène de bouche-à-oreille, et donc à une diffusion spontanée de la technologie.

Les limites de ces différentes démarches méthodologiques ont déjà été détaillées pour chaque partie, mais il convient de revenir sur certaines d'entre elles. L'étude de la distribution spatiale est surtout limitée par la précision et les pertes de données de puissance en cours de procédure. L'analyse statistique pour les particuliers en RBC fait preuve d'une certaine subjectivité, dans la sélection des indicateurs socio-économiques tout particulièrement, et le manque d'exhaustivité des données utilisées a également posé problème. Enfin, l'approche qualitative des entreprises est plus objective, mais l'échantillon d'entrepreneurs est trop petit que pour être réellement représentatif. Dans l'ensemble, il est aussi dommage de ne pas voir considéré le cas de la RF, qui contribue significativement au parc PV belge, mais cette région pourrait éventuellement faire l'objet d'un autre mémoire.

2. Perspectives

Pour terminer, cette démarche d'identification des leviers et des freins à l'adoption de la technologie PV, poursuivie tout au long de ce mémoire, a abouti à une série de recommandations pour redynamiser la filière en RW et en RBC :

- Laisser sa chance au **programme QUALIWATT en RW** : Ce nouveau mécanisme de soutien, lancé en mars 2014, semble avoir été mieux pensé et pourrait déjà offrir un meilleur cadre au développement des installations PV. De fait, le problème de la qualité d'installation, indispensable pour améliorer l'image de la technologie, a déjà été pris en considération. Pour aller plus loin, les nouveaux critères de qualité pourraient être accompagnés de chartes et labels plus contraignants, avec davantage de contrôle. Par ailleurs, le projet de redevance réseau semble également pertinent pour éviter les augmentations de facture d'électricité des non-détenteurs de panneaux.
- Des **démarches plus accessibles pour les CV** qui survivent en RBC : La lourdeur administrative des mécanismes de soutien en général, mais plus particulièrement des CV, est souvent perçue comme un frein. Dès lors, l'emploi de personnes spécialisées pour ces démarches administratives (peut-être à domicile ?) ou encore une alternative à la procédure informatisée des CV, en format « papier » par exemple, pourraient potentiellement résoudre ces problèmes.
- Promouvoir les **dynamiques locales** : Les actions déjà entreprises comme les campagnes POLLEC ou les championnats des ER semblent faire leurs preuves et le secteur PV pourrait profiter d'autres dynamiques de ce genre. Les salons comme Batibouw, Energie+ ou la Foire de Libramont constituent d'excellents outils de communication, très utiles pour toucher des secteurs d'activité spécifiques, comme pour le secteur agricole il y a quelques années. Pour les particuliers, le principe d'achats groupés pourrait être diffusé à plus grande échelle.
- **S'inspirer de l'étranger** : La revue de la littérature a mis en évidence plusieurs modèles de parc PV à travers le monde, celui de la Belgique se rapprochant du modèle allemand. Alors pourquoi ne pas s'essayer au modèle américain, par exemple, qui paraît plus accessible aux classes socioprofessionnelles inférieures ? Son principe de propriété par un tiers (Voir ANNEXE 3, p101), dérivé de l'économie de la fonctionnalité, présente en effet des avantages considérables : clients déchargés de l'investissement de départ et des démarches administratives, prix réduit et fixe de l'électricité, création d'emploi, … Le tout en conservant les avantages environnementaux de la technologie. De la même manière, le modèle japonais, qui couple la vente de panneaux avec d'autres produits (souvent des maisons préfabriquées), pourrait être exploré plus en profondeur (Strupeit & Palm, 2015). Des études de faisabilité et d'incidence seraient évidemment nécessaires pour un tel changement de paradigme.

Toutes ces recommandations semblent donc envisageables pour relancer un secteur PV qui a perdu la confiance du public ces dernières années, mais qui conserve un potentiel particulièrement intéressant dans un contexte de transition énergétique vers davantage d'ER en Belgique.

Bibliographie

Articles scientifiques

Alagappan, L., Orans, R. & Woo, C.K. (2011). What drives renewable energy development ? *Energy policy*, 39, 5099-5104. doi:10.1016/j.enpol.2011.06.003

Choi, J.-K. & Fthenakis, V. (2010). Economic feasibility of recycling photovoltaic modules – Survey and model. *Journal of Industrial Ecology*, 14(6), 947-964. doi:10.1111/j.1530-9290.2010.00289.x

Cucchiella, F., D'Adamo, I. & Rosa, P. (2015). End-of-Life of used photovoltaic modules: A financial analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47, 552-561. doi:10.1016/j.rser.2015.03.076

El Chaar, L., Lamont, L.A. et El Zein, N. (2011). Review of photovoltaic technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 2165-2175. doi:10.1016/j.rser.2011.01.004.

Faiers, A. & Neame, C. (2006). Consumer attitudes towards domestic solar power systems. *Energy policy*, 34, 1797-1806. doi:10.1016/j.enpol.2005.01.001

Green, M.A. (2000). Photovoltaics: technology overview. *Energy policy*, 28, 989-998. doi:10.1016/S0301-4215(00)00086-0

Hoppe, H. & Sariciftci, N.S. (2004). Organic solar cells : An overview. *Material Research Society*, 19(7), 1924-1945. doi:10.1557/JMR.2004.0252

Koua, B.K., Koffi, P.M.E., Gbaha, P. & Touré, S. (2015). Present status and overview of potential of renewable energy in Cote d'Ivoire. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 907-914. doi:10.1016/j.rser.2014.09.010

Kwan, C.L. (2012). Influence of local environment, social, economic and political variables on the spatial distribution of residential solar PV arrays across the United States. *Energy policy*, 47, 332-344. doi:10.1016/j.enpol.2012.04.074

Marques, A.C., Fuinhas, J.A. & Manso J.R.P. (2010). Motivations driving renewable energy in European countries: A panel data approach. *Energy policy*, 38, 6877-6885. doi:10.1016/j.enpol.2010.07.003

Muhammad-Sukki, F., Abu-Bakar, S.H., Munir, A.B., Yasin, S.H.M., Ramirez-Iniguez, R., McMeekin, S.G., Stewart, B.G., Sarmah, N., Mallick, T.K., Rahim, R.A., Karim, M.E., Ahmad, S. & Tahar, R.M. (2014). Feed-in tariff for solar photovoltaic: The rise of Japan. *Renewable Energy*, 68, 636-643. doi:10.1016/j.renene.2014.03.012

Munzhedzi, R. & Sebitosi, A.B. (2009). Redrawing the solar map of South Africa for photovoltaic applications. *Renewable Energy*, 34, 165-169. doi:10.1016/j.renene.2008.03.023

Qiang, Z., Honghang, S., Yanxi, L., Yurui, X. & Jun, S. (2014). China's solar photovoltaic policy: An analysis based on policy instruments. *Applied Energy*, 129, 308-319. doi:10.1016/j.apenergy.2014.05.014

Schelly, C. (2014). Residential solar electricity adoption: What motivates, and what matters ? A case study of early adopters. *Energy Research & Social Science*, 2, 183-191. doi:10.1016/j.erss.2014.01.001

Strupeit, L. & Palm, A. (2015). Overcoming barriers to renewable energy diffusion: Business models for customer-sited solar photovoltaics in Japan, Germany and the United States. *Journal of Cleaner Production*, accepted manuscript, 1-30. doi:10.1016/j.jclepro.2015.06.120

Vasseur, V. & Kemp, R. (2015). The adoption of PV in the Netherlands: A statistical analysis of adoption factors. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 483-494. doi:10.1016/j.rser.2014.08.020

Bases de données

BRUGEL (2014). *Liste des installations photovoltaïques en région Bruxelles-Capitale*. BRUGEL, récupéré auprès de l'organisation (Régis Lambert).

Census (2011). *Census 2011 – Données démographiques, Logements, Marché de l'emploi, Population scolaire et niveau d'instruction*. Statistics Belgium, récupéré de http://census2011.fgov.be/download/downloads_fr.html

CIRB (2011). *Couche de secteurs statistiques pour la région Bruxelles-Capitale*. Centre d'Informatique pour la Région Bruxelloise, récupéré de la base de données cartulb.

CWaPE (2014). *Liste des installations de moins de 10kW sous SOLWATT au 30 septembre 2014 et sites de production certifiés au 31 décembre 2014*. CWaPE, récupéré de http://www.cwape.be/?dir=6.4 ; http://www.cwape.be/?dir=3.2.08

Enquête socio-économique (2001). *Enquête socio-économique 2001*. Statistics Belgium, récupéré auprès d'Isaline Wertz (IGEAT – ULB).

EEA – European Environment Agency (2006). *Corine Land Cover raster data*. EEA, récupéré de http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-2006-raster

EEA – European Environment Agency (2010). *Urban Atlas Belgium - Bruxelles*. EEA, récupéré de http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/urban-atlas

IBGE (2014). *Données de primes photovoltaïques en région Bruxelles-Capitale jusqu'en janvier 2015*. Bruxelles-Environnement, récupéré auprès de l'organisation (Ilan Wauters).

IBGE (2013). *Données de primes à la rénovation en région Bruxelles-Capitale jusque fin 2013*. Bruxelles-Environnement, récupéré auprès de Mathieu Overtus (ULB).

IGEAT (2014). *Base de données électorale de 2014 pour la Belgique*. Récupéré auprès de Pablo Medina Lockhart (IGEAT – ULB).

Plan de Secteur (2007). *Couche de communes pour la région wallonne*. Plan de Secteur, récupéré de la base de données cartulb.

PRAS (2014). *Couche de communes pour la région Bruxelles-Capitale*. Plan Régional d'Affectation du Sol, récupéré de la base de données cartulb.

Statbel (2012). *Revenu total net imposable par secteur statistique en 2012*. Statistics Belgium, récupéré de http://statbel.fgov.be/fr/statistiques/chiffres/travailvie/fisc/

Divers

ADESS & CNRS (s.d.). *Tutoriel QGIS*. ADESS, GRANIT, CNRS, récupéré de www.ades.cnrs.fr/tutoqgis/exports_pdf/tuto10.pdf

Decroly, J.-M. (s.d.). *Recherches dirigées en géographie humaine (GEOGF419) – Introduction à l'entretien semi-directif*. Université Libre de Bruxelles, IGEAT, récupéré de homepages.ulb.ac.be/~jmdecrol/Upload.../GeogF419_EntretiensPP.pdf

IBGE (2009). *Guide administratif et technique pour l'installation de panneaux photovoltaïques*. Bruxelles-Environnement, version 2.3 – Septembre 2009.

IBGE (2010). *Le photovoltaïque – Les différents types d'implantations*. Bruxelles-Environnement, Infos Fiches Energie, module 6.

Kunsch, P.L. (2015). *Instruments et processus de décision – Dynamique des systèmes et transition énergétique : notes de cours et illustrations*. Université Libre de Bruxelles, IGEAT.

Levèvre, N. (s.d.). *L'entretien comme méthode de recherche*. Université de Lille, Master 1 SLEC, récupéré de staps.univ-lille2.fr/fileadmin/user_upload/.../entre_meth_recher.pdf

Ministère de la Région wallonne (s.d.). *L'énergie solaire photovoltaïque – Du soleil au courant*. Direction générale des Technologies, de la Recherche et de l'Energie, Jambes, Belgique.

Rican, S. (s.d.). *Représentation cartographique des données sanitaires*. Université Paris X – Nanterre, récupéré de www.ors-idf.org/presentations/spatialisation/presentation3.pdf

Entretiens

Benoît, C. (2015, 27 avril). *Entrevue avec Claude Benoît : Adoption de panneaux photovoltaïques dans l'entreprise*. Walcourt, Belgique.

Bogers (2015, 27 avril). *Entrevue avec M. Bogers : Adoption de panneaux photovoltaïques dans l'entreprise*. Chastrès, Belgique.

Carlier (2015, 21 mai). *Entrevue avec M. Carlier : Adoption de panneaux photovoltaïques dans l'entreprise*. Namur, Belgique.

Frippat, J. (2015, 4 mai). *Entrevue avec M. Frippat : Adoption de panneaux photovoltaïques dans l'entreprise*. Gerpinnes, Belgique.

Germani, D. (2015, 8 juillet). *Entrevue avec David Germani : Explications sur la distribution spatiale des installations photovoltaïques en région wallonne*. Louvain-la-Neuve, Belgique.

Huart (2015, 27 avril). *Entrevue avec M. Huart : Adoption de panneaux photovoltaïques dans l'entreprise*. Chastrès, Belgique.

Magis, G. (2015, 4 mai). *Entrevue avec Gilles Magis : Rôle de l'installateur dans le contexte photovoltaïque*. Chastrès, Belgique.

Musex (2015, 20 avril). *Entrevue avec M. Musex : Adoption de panneaux photovoltaïques dans l'entreprise*. Yves-Gomezée, Belgique.

Rousseau (2015, 18 mars). *Entrevue avec M. Rousseau : Adoption de panneaux photovoltaïques dans l'entreprise*. Ixelles, Belgique.

Van Den Brande (2015, 20 avril). *Entrevue avec Mme. Van Den Brande : Adoption de panneaux photovoltaïques dans l'entreprise*. Yves-Gomezée, Belgique.

Van Dyck Frères (2015, 21 mai). *Entrevue avec les gérants de Van Dyck Frères : Adoption de panneaux photovoltaïques dans l'entreprise*. Namur, Belgique.

Livres

Furfari, S. (2012). *Politique et géopolitique de l'énergie – Energie et développement durable*. Editions TECHNIP p.115, Paris, France.

SmartGuide (2013). *Etat des filières – Solaire photovoltaïque*. Editions Renouvelle p. 38-39, Bruxelles, Belgique.

SmartGuide (2014). *Etat des filières – Solaire photovoltaïque*. Editions Renouvelle p. 43-45, Bruxelles, Belgique.

Presse

7sur7 (2012). Un panneau photovoltaïque provoque un incendie de toiture à Visé. *7sur7*, récupéré le 8 août 2015 de http://www.7sur7.be/7s7/fr/1502/Belgique/article/detail/1480790/2012/08/04/Un-panneau-photovoltaique-provoque-un-incendie-de-toiture-a-Vise.dhtml

Counasse, X. (2014). Les propriétaires de panneaux solaires évitent une redevance… que payeront tous les Wallons. *Le Soir*, récupéré le 8 août 2015 de http://www.lesoir.be/607135/article/economie/2014-07-24/proprietaires-panneaux-solaires-evitent-une-redevance%E2%80%A6-que-payeront-tous-wallons

Condijts, J. & Durand, G. (2013). Les propriétaires de photovoltaïque devront payer une redevance. *Le Soir*, récupéré le 8 août 2015 de http://www.lesoir.be/241910/article/economie/2013-05-14/proprietaires-photovoltaique-devront-payer-une-redevance-video

Meza, E. (2013). California embracing third-party residential PV ownership. *PV magazine*, récupéré le 8 août 2015 de http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/california-embracing-third-party-residential-pv-ownership_100012776/#axzz3g4TzLJUf

Muelenaere, M. (2012). Il y a le feu aux certificats verts. *Le Soir*, récupéré le 8 août 2015 de http://archives.lesoir.be/il-y-a-le-feu-aux-certificats-verts_t-20120218-01U4U8.html

Renouvelle (2014a). Solaire photovoltaïque en Belgique – Situation en 2013. *APERe ASBL*, Bruxelles, Webmag n°62 – Mars 2014.

Renouvelle (2014b). Le calcul de la prime QUALIWATT. *APERe ASBL*, Bruxelles, Webmag n°60 – Janvier 2014.

Rapports

ADEME (2013). *Le solaire photovoltaïque*. Les avis de l'ADEME, Angers, France.

CGEIET et CGEDD (2012). *Eolien et photovoltaïque : Enjeux énergétiques, industriels et sociétaux*. Ministère du redressement productif et Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, Paris, France.

Eurobserv'er (2014). *Baromètre photovoltaïque*. Eurobserv'er, Paris, France.

IEA – International Energy Agency (2006). *Compared assessment of selected environmental indicators of photovoltaic electricity in OECD cities*. Photovoltaic Power System Programme, Paris, France.

IEA – International Energy Agency (2013). *Trends 2013 in photovoltaic applications – Survey report of selected IEA countries between 1992 and 2012*. PVPS, Netherlands.

IEA – International Energy Agency (2014). *Annual report 2013*. PVPS, Fribourg, Switzerland.

Observ'er et Fondation Energie pour le monde (2013). *La production d'électricité dans le monde : perspective générale*. Quinzième inventaire - Editions 2013, Paris, France.

Web

Anonyme (2005). *Bruxelles, ses 19 communes et ses entités*. Récupéré le 8 août 2015 de http://brusselscity.skyrock.com/199048570-Bruxelles-ses-19-communes-et-ses-entites.html

Baudot, J.Y. (s.d.). *ACP – Cercles de correlation*. Récupéré le 8 août 2015 de http://www.jybaudot.fr/Analdonnees/cerclecor.html

APERe (s.d.a). *Solaire photovoltaïque – Systèmes de conversion*. Récupéré le 8 août 2015 de http://www.apere.org/syst%C3%A8mes-de-conversion-1

APERe (s.d.b). *Solaire photovoltaïque – Le soleil*. Récupéré le 8 août 2015 de http://www.apere.org/le-soleil

APERe (s.d.c).*POLLEC – Politiques locales Energie-Climat*. Récupéré le 8 août 2015 de http://www.apere.org/pollec

APERe (s.d.d). *La première campagne POLLEC (2012-2014)*. Récupéré le 8 août 2015 de http://www.apere.org/la-premi%C3%A8re-campagne-pollec-2012-2014#overlay-context=index/node/188

APERe (2014). Championnat des énergies renouvelables. Récupéré le 8 août 2015 de http://www.apere.org/championnat-des-%C3%A9nergies-renouvelables

APERe (2015). *Observatoire photovoltaïque*. Récupéré le 8 août 2015 de http://www.apere.org/observatoire-photovoltaique

ArcGis (2012). *Classification de champs de type numérique pour symbologie graduée*. Récupéré le 8 août 2015 de http://help.arcgis.com/fr/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//00s50000001r000000

Banque Carrefour de la législation (2015). *31 janvier 2003 – Loi de sur la sortie progressive de l'énergie nucléaire à des fins de production industrielle d'électricité*. Récupéré le 8 août 2015 de http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/loi_a.pl?language=fr&caller=list&cn=2003013138&la=f&fromtab=loi&sql=dt=%27loi%27&tri=dd+as+rank&rech=1&numero=1

Batibouw (2015*). Infos pratiques*. Récupéré le 8 août 2015 de http://batibouw.be/fr/infos-pratiques

Batchgeocodeur (2007). Cartographier une liste d'adresses en quelques clics. Récupéré le 9 août 2015 de http://www.batchgeocodeur.mapjmz.com/

Bok, J. (2015). *Semiconducteurs*. Encyclopedia Universalis, récupéré le 8 août 2015 de http://www.universalis.fr/encyclopedie/semiconducteurs/#

BRUGEL (2014b). *BRUGEL, le régulateur bruxellois pour l'énergie*. Récupéré le 8 août 2015 de http://www.brugel.be/fr/brugel,-le-regulateur-bruxellois-pour-l-energie

Bruxelles renouvelable (s.d.). *Les certificats verts*. APERe, récupéré le 8 août 2015 de http://www.bruxelles-renouvelable.be/fr/PV-certificats-verts

Commission Européenne (2014). *Qu'est-ce qu'une PME ?* Récupéré le 8 août 2015 de http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sme/facts-figures-analysis/sme-definition/index_fr.htm

Commune Etalle (s.d.). *Vivre à Etalle – Primes*. Récupéré le 8 août 2015 de http://www.etalle.be/primes.html

Connaissances des énergies (2013). *Fiche pédagogique – Energie solaire (exploitation)*. Récupéré le 8 août 2015 de http://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/energie-solaire-exploitation

Connaissances des énergies (2015). *Fiche pédagogique – Solaire photovoltaïque*. Récupéré le 8 août 2015 de http://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/solaire-photovoltaique

CWaPE (2014b). *Panneaux solaires*. Récupéré le 8 août 2015 de http://www.cwape.be/?lg=1&dir=6&title=Panneaux+solaires

De Crayencour, M. (2014). *Construire passif et public*. Récupéré le 8 août 2015 de http://www.logic-immo.be/fr/nouvelles-immo/construire-passif-et-public-essentielle-immo-1293.html

Defi Elec (2014). *Defi Elec a toujours une solution pour votre projet d'installation photovoltaïque*. Récupéré le 8 août 2015 de http://defielec.be/photovoltaique/installation-photovoltaique/

Depiereux, E. (s.d.a). *Régression multiple et non-linéaire – Objectifs*. Récupéré le 8 août 2015 de http://webapps.fundp.ac.be/biostats/biostat/modules/module230/page1.html

Depiereux, E. (s.d.b). *Statistiques descriptives à deux dimensions – Le coefficient de corrélation*. Récupéré le 8 août 2015 de http://webapps.fundp.ac.be/biostats/biostat/modules/module20/page4.html

Depiereux, E. (s.d.c). *Statistiques descriptives à deux dimensions – Régression et coefficient de détermination*. Récupéré le 8 août 2015 de http://webapps.fundp.ac.be/biostats/biostat/modules/module20/page5.html

Depiereux, E. (s.d.d). *Principe de l'ANOVA – Hypothèses.* Récupéré le 8 août 2015 de http://webapps.fundp.ac.be/biostats/biostat/modules/module140/page4.html

Ecosources (s.d.). *Panneau solaire hybride : le mixte photovoltaïque/thermique*. Récupéré le 8 août 2015 de http://www.ecosources.info/dossiers/Panneau_solaire_hybride_mixte

Elia (s.d.). *Certificats Verts – Prix minimum imposé et cadre légal*. Récupéré le 8 août 2015 de http://www.elia.be/fr/produits-et-services/certificats-verts/Minimumprice-legalframe

Energethique (s.d.a). *Dossier : tout sur le photovoltaïque en Belgique*. Récupéré le 8 août 2015 de http://energethique.be/2009/dossier-tout-sur-le-photovoltaique-en-belgique/

Energethique (s.d.b). *Dossier : tout sur le photovoltaïque en Wallonie en 2012*. Récupéré le 8 août 2015 de http://energethique.be/2012/dossier-tout-sur-le-photovoltaique-en-wallonie-pour-2012/

Energethique (s.d.c). *Dossier : quel avenir pour le photovoltaïque en 2013 en Wallonie ?* Récupéré le 8 août 2015 de http://energethique.be/2013/dossier-quel-avenir-pour-le-photovoltaique-en-2013-en-wallonie/

Energie+ (2015). *Le salon construction durable, économies d'énergie, écomobilité*. Récupéré le 8 août 2015 de http://www.energiesplus.be/

EF4 – Energie Facteur 4 (s.d.a). *Effet photovoltaïque*. Récupéré le 8 août 2015 de http://www.ef4.be/fr/photovoltaique/aspects-techniques/effet-photovoltaque.html

EF4 – Energie Facteur 4 (s.d.b). *Importance de l'orientation et types de structures*. Récupéré le 8 août 2015 de http://www.ef4.be/fr/photovoltaique/aspects-techniques/orientation-structure.html

EF4 – Energie Facteur 4 (s.d.c). *kW, kWh, kWc, kVA ?* Récupéré le 8 août 2015 de http://www.ef4.be/fr/photovoltaique/aspects-techniques/kw-kwh-kwc-kva.html

EF4 – Energie Facteur 4 (s.d.d). Mécanisme d'octroi des certificats verts : Solwatt. Récupéré le 8 août 2015 de http://www.ef4.be/fr/photovoltaique/cv/puissanceinf10kw.html

EF4 – Energie Facteur 4 (s.d.e). Systèmes photovoltaïques. Récupéré le 8 août 2015 de http://www.ef4.be/fr/photovoltaique/aspects-techniques/systemes-photovoltaiques.html

Energreen (2015). *Panneaux photovoltaïques – Réalisations*. Récupéré le 8 août 2015 de http://www.energreen.be/panneaux-photovoltaiques/realisation

Energuide (2015). *Qu'est-ce qu'un code EAN ? A quoi sert-il ?* Récupéré le 8 août 2015 de http://www.energuide.be/fr/questions-reponses/quest-ce-quun-code-ean-a-quoi-sert-il/41/

Europa (2014). *L'UE par thème – Energie*. Récupéré le 8 août 2015 de http://europa.eu/pol/ener/index_fr.htm

Eurostats (2013). *Half yearly electricity and gas prices, second half of year 2009-2011*. Récupéré le 8 août 2015 de http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Half-yearly_electricity_and_gas_prices,_second_half_of_year,_2009-2011_%28EUR_per_kWh%29-fr.png

Futura Environnement (2015). *Tesla lance une batterie domestique pour transformer l'énergie mondiale*. Récupéré le 8 août 2015 de http://www.futura-sciences.com/magazines/environnement/infos/actu/d/energie-renouvelables-tesla-lance-batterie-domestique-pour-transformer-energie-mondiale-58271/

Geographic Information Systems (2014). *Definition of the WGS84*. Récupéré le 8 août 2015 de http://gis.stackexchange.com/questions/123034/definition-of-the-wgs-84

Guide Panneaux Photovoltaïques (2015). *Quel est le meilleur emplacement pour les panneaux solaires ?* Récupéré le 8 août 2015 de http://www.guide-panneaux-photovoltaiques.be/quel-est-le-meilleur-emplacement-pour-les-panneaux-solaires/

GuidER (2014). *Watt, wattheure, Wc, kVA… Qu'est-ce que c'est ?* Récupéré le 8 août 2015 de http://guider.be/article/kw_kwh_kwc_kva_quelles_diffrences.html

ISPED (s.d.). *Modèle de régression linéaire multiple : Sélection des variables*. Université de Bordeaux, récupéré le 8 août 2015 de http://campus.isped.u-bordeaux2.fr/PLEIADE/PV3/ASPX/PV2_VPS.aspx?3791

Libramont (2015). *Visiteurs – La Foire de Libramont*. Récupéré le 8 août 2015 de http://www.foiredelibramont.be/

Mauguit, Q. (2013). *Les cellules photovoltaïques, cœur des panneaux solaires*. Futura-environnement, récupéré le 8 août 2015 de http://www.futura-sciences.com/magazines/environnement/infos/dossiers/d/developpement-durable-cellules-photovoltaiques-coeur-panneaux-solaires-1688/page/13/

Microsoft (2015). *Importer ou exporter des fichiers textes – Format CSV*. Récupéré le 8 août 2015 de https://support.office.com/fr-ch/article/Importer-ou-exporter-des-fichiers-texte-5250ac4c-663c-47ce-937b-339e391393ba

Mon énergie renouvelable (s.d.). *Achat groupé d'installations de panneaux photovoltaïques*. Récupéré le 8 août 2015 de https://mon-energie-renouvelable.be/p/achatgroupe_panneauxphot

Monitoring des quartiers (2015). *Le Monitoring des quartiers de la Région Bruxelles-Capitale*. Récupéré le 8 août 2015 de https://monitoringdesquartiers.irisnet.be/

Photovoltaïque.info (2011). *Les enjeux environnementaux*. Récupéré le 17 novembre 2014 de http://www.photovoltaique.info/-Les-enjeux-environnementaux-.html

Prosun (s.d.). *Les distorsions des échanges commerciaux – Le dumping*. Récupéré le 8 août 2015 de http://www.prosun.org/fr/la-concurrence-loyale/les-distorsions-des-echanges-commerciaux/le-dumping.html

Service Public Fédéral Belge (2012). *Réduction d'impôts pour les économiseurs d'énergie.* Récupéré le 17 novembre 2014 de http://www.belgium.be/fr/logement/construire_et_renover/reduction_d_impots/economiseurs_d_energie/

Service Public Fédéral Finances (2014). *Economie d'énergie.* Récupéré le 17 novembre 2014 de http://finances.belgium.be/fr/particuliers/avantages_fiscaux/fiscalite_verte/economie_energie/

Solar Impulse (2015). *New FAI Records*. Récupéré le 8 août 2015 de http://info.solarimpulse.com/timeline/view/7303#.VZ_u3_mSGR5

SPF Economie (2013a). *Paquet Climat-Energie : énergies renouvelables*. Récupéré le 8 août 2015 de http://economie.fgov.be/fr/consommateurs/Energie/Politique_energetique/Contexte_europeen/politique_energetique_europeenne_interieure/Paquet_Climat_Energie_energies_renouvelables/#.VcY8NPmSFZs

SPF Economie (2013b). *La sortie du nucléaire*. Récupéré le 8 août 2015 de http://economie.fgov.be/fr/consommateurs/Energie/Nucleaire/centrales_nucleaires/sortie_nucleaire/#.VakrZPmSFZs

SPF Economie (2013c). *Organisation*. Récupéré le 8 août 2015 de http://statbel.fgov.be/fr/statistiques/organisation/

SPW (s.d.). *Production d'électricité – Evolution historique de la production d'électricité*. Récupéré le 8 août 2015 de http://environnement.wallonie.be/enviroentreprises/pages/etatenviindustrie.asp?doc=syn-ele-pro#TOC-IDAHBBPF

Statistics Belgium (2014). *A propos du census*. Récupéré le 8 août 2015 de http://census2011.fgov.be/info/info_fr.html

Tour&Taxis (2014). *Bâtiment passif*. Récupéré le 8 août 2015 de http://www.tour-taxis.com/fr/tour-taxis-ibge

Université de Toulouse (s.d.). *ACP – Règle de Kaiser*. Université de Toulouse, récupéré de www.math.univ-toulouse.fr/~besse/Wikistat/pdf/st-m-explo-acp

XLSTATS (2015a). *Analyse en Composantes Principales avec XLSTATS*. Récupéré le 8 août 2015 de http://www.xlstat.com/fr/centre-d-apprentissage/tutoriels/analyse-en-composantes-principales-acp-avec-xlstat.html

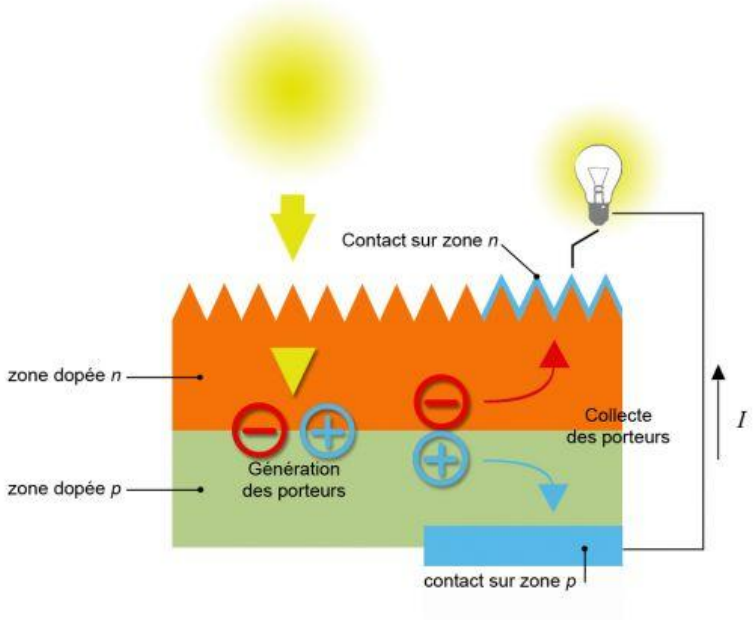
XLSTATS (2015b). *Régression linéaire multiple avec XLSTATS*. Récupéré le 8 août 2015 de http://www.xlstat.com/fr/centre-d-apprentissage/tutoriels/regression-lineaire-simple-dans-xlstat.html

VREG (2014). *L'octroi des certificats verts*. Récupéré le 17 novembre 2014 de http://www.vreg.be/fr/loctroi-de-certificats-verts, dernière consultation le 17 novembre 2014.

Annexes

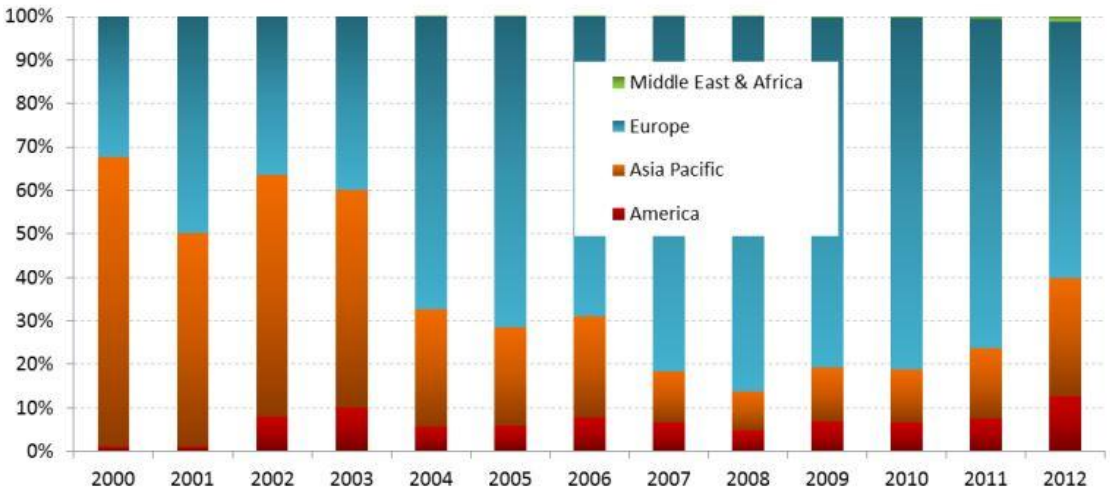
1. ANNEXE : L'effet PV

Un atome de silicium compte 4 électrons périphériques. L'une des couches de la cellule est dopée avec des atomes de phosphore qui, eux, comptent 5 électrons (soit 1 de plus que le silicium). On parle de dopage de type n comme négatif, car les électrons (de charge négative) sont excédentaires. L'autre couche est dopée avec des atomes de bore qui ont 3 électrons (1 de moins que le silicium). On parle de dopage de type p comme positif en raison du déficit d'électrons ainsi créé. Lorsque la première est mise en contact avec la seconde, les électrons en excès dans le matériau n diffusent dans le matériau p.



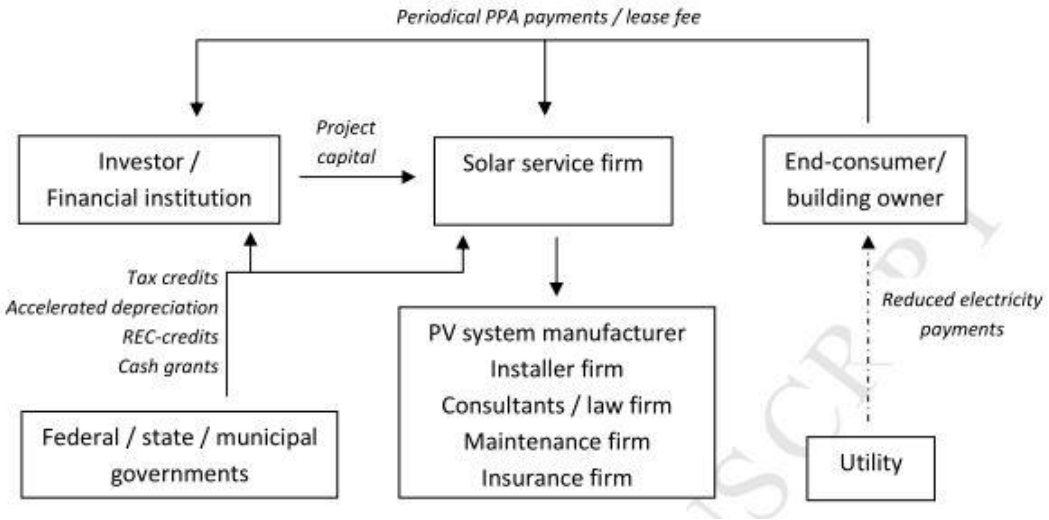
En traversant la cellule photovoltaïque, les photons arrachent des électrons aux atomes de silicium des deux couches n et p. Les électrons libérés se déplacent alors dans toutes les directions. Après avoir quitté la couche p, les électrons empruntent ensuite un circuit pour retourner à la couche n. Ce déplacement d'électrons n'est autre que de l'électricité (Connaissances des énergies, 2015).

2. ANNEXE : Evolution de la part des installations connectées au réseau par région de 2000 à 2012



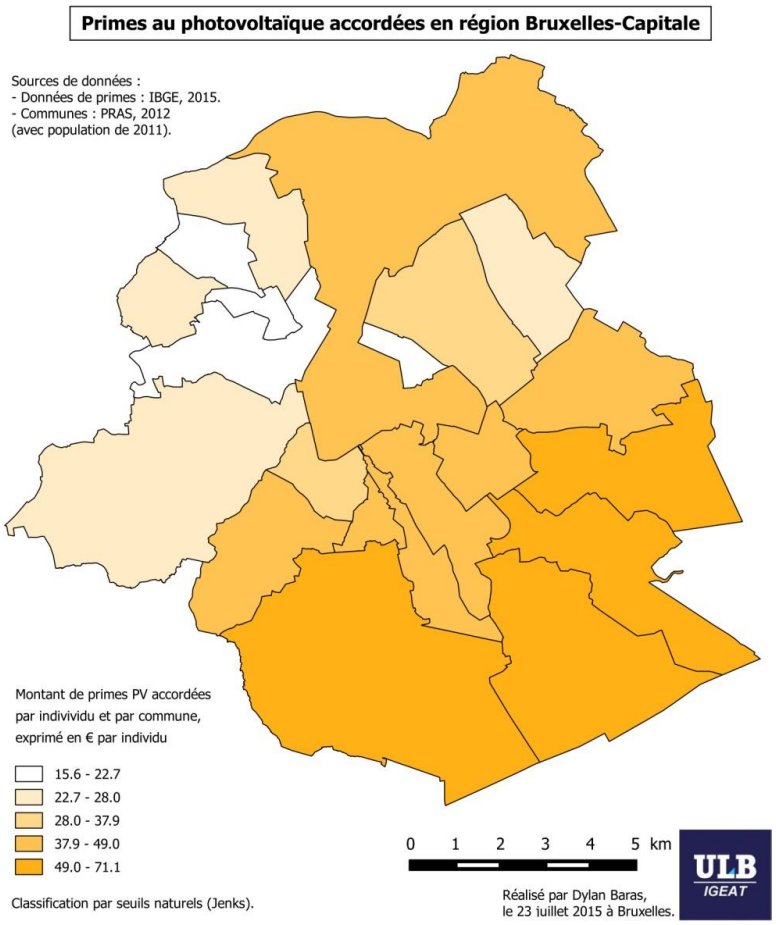
Graphe illustrant la régression de l'UE dans sa contribution au marché mondial (IEA, 2013, p16).

3. ANNEXE : Les flux financiers du modèle TPO (Third-Party Ownership)



Ce schéma illustre les flux financiers circulants entre les différents acteurs du TPO : L'Etat qui attribue le soutien financier, les banques qui autorisent les prêts pour les investissements, les fabricants et installateurs de panneaux, les consommateurs (= propriétaire du bâtiment) et au centre de tout l'entreprise de « service solaire » (Strupeit & Palm, 2015, p. 10).

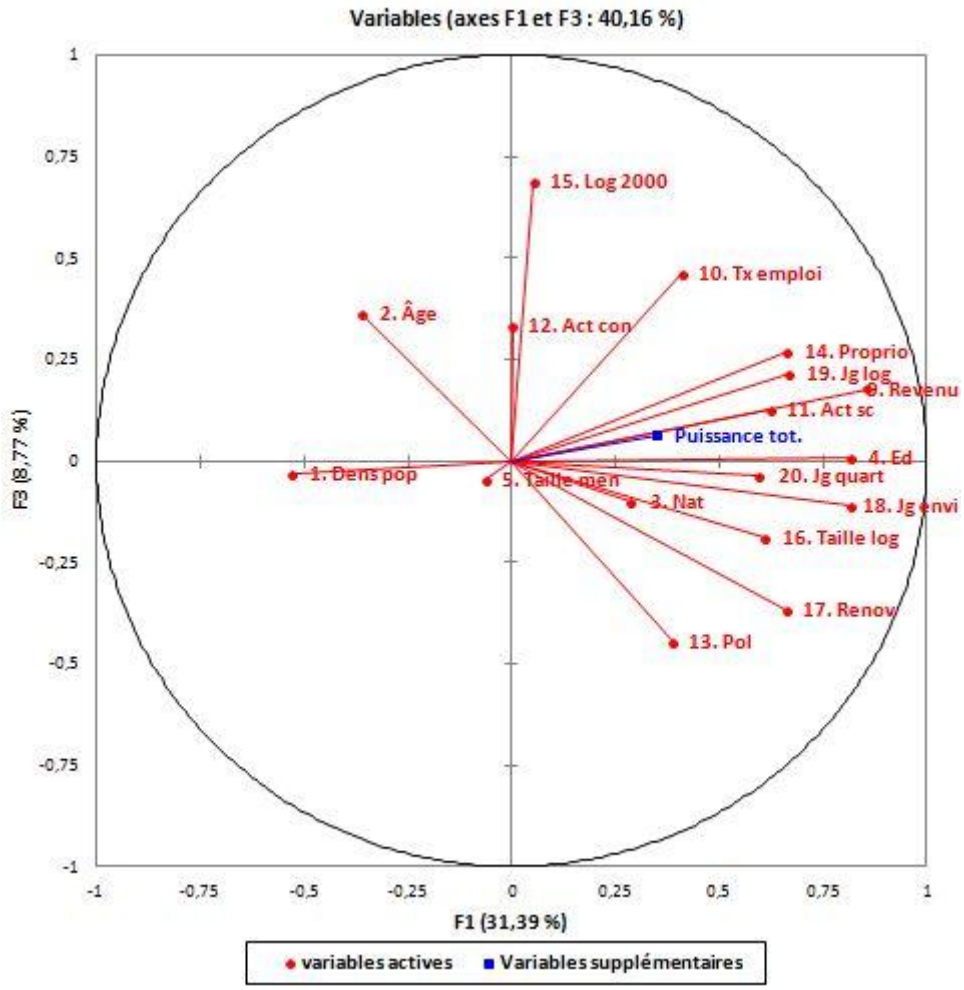
4. ANNEXE : Cartographie des primes PV en RBC (montants accordés par individu) (IBGE, 2014)



5. ANNEXE : Matrice de corrélation de l'ACP à 20 variables

Variables	1. Dens pop	2. Âge	3. Nat	4. Ed	5. Taille men	6. Couple	7. Enfants	8. Men NF	9. Revenu	10. Tx emploi	11. Act sc	12. Act con	13. Pol	14. Proprio	15. Log 2000	16. Taille log	17. Renov	18. Jg envi	19. Jg log	20. Jg quart	Puissance tot.
1. Dens pop	1	0,211	-0,238	-0,321	-0,076	-0,219	-0,011	0,215	-0,493	-0,234	-0,143	0,052	-0,042	-0,209	-0,069	-0,440	-0,309	-0,405	-0,384	-0,112	0,066
2. Âge	0,211	1	-0,636	-0,067	-0,317	-0,328	-0,270	0,417	-0,148	0,349	0,124	-0,185	0,105	-0,389	0,096	-0,345	-0,136	-0,495	-0,370	-0,276	-0,144
3. Nat	-0,238	-0,636	1	0,030	0,427	0,404	0,380	-0,533	0,092	0,013	-0,291	0,192	-0,231	0,394	-0,055	0,319	-0,069	0,417	0,280	0,233	0,140
4. Ed	-0,321	-0,067	0,030	1	-0,240	-0,024	-0,287	0,115	0,711	0,434	0,681	-0,128	0,469	0,469	0,031	0,414	0,610	0,559	0,375	0,428	0,349
5. Taille men	-0,076	-0,317	0,427	-0,240	1	0,825	0,956	-0,944	-0,162	-0,259	-0,340	0,338	-0,316	0,284	0,016	0,400	-0,193	0,037	-0,057	-0,128	0,117
6. Couple	-0,219	-0,328	0,404	-0,024	0,825	1	0,708	-0,864	0,148	-0,048	-0,129	0,351	-0,254	0,541	0,130	0,523	-0,059	0,255	0,227	0,041	0,254
7. Enfants	-0,011	-0,270	0,380	-0,287	0,956	0,708	1	-0,878	-0,249	-0,293	-0,371	0,328	-0,259	0,172	-0,029	0,344	-0,164	-0,025	-0,139	-0,172	0,088
8. Men NF	0,215	0,417	-0,533	0,115	-0,944	-0,864	-0,878	1	-0,008	0,146	0,267	-0,327	0,282	-0,397	-0,034	-0,477	0,103	-0,221	-0,118	-0,010	-0,168
9. Revenu	-0,493	-0,148	0,092	0,711	-0,162	-0,148	-0,249	-0,008	1	0,449	0,606	-0,018	0,281	0,539	0,085	0,447	0,492	0,629	0,552	0,439	0,365
10. Tx emploi	-0,234	0,349	0,013	0,434	-0,259	-0,048	-0,293	0,146	0,449	1	0,310	-0,061	0,200	0,247	0,123	0,147	0,198	0,165	0,205	0,149	0,193
11. Act sc	-0,143	0,124	-0,291	0,681	-0,340	-0,129	-0,371	0,267	0,606	0,310	1	-0,074	0,481	0,287	0,172	0,230	0,569	0,349	0,263	0,282	0,328
12. Act con	0,052	-0,185	0,192	-0,128	0,338	0,351	-0,328	-0,327	-0,018	-0,061	-0,074	1	-0,220	0,294	0,120	0,114	-0,145	0,021	0,086	-0,054	0,116
13. Pol	-0,042	0,105	-0,231	0,469	-0,316	-0,254	-0,259	0,282	0,281	0,200	0,481	-0,220	1	-0,005	-0,154	0,140	0,753	0,142	-0,004	0,086	0,101
14. Proprio	-0,209	-0,389	0,394	0,469	0,284	0,541	0,172	-0,397	0,539	0,247	0,287	0,294	-0,005	1	0,145	0,461	0,211	0,534	0,514	0,433	
15. Log 2000	-0,069	0,096	-0,055	0,031	0,016	0,130	-0,029	-0,034	0,085	0,123	0,172	0,120	-0,154	0,145	1	-0,104	-0,014	-0,041	0,114	-0,023	0,210
16. Taille log	-0,440	-0,345	0,319	0,414	0,400	0,523	0,344	-0,477	0,447	0,147	0,230	0,114	0,140	0,461	-0,104	1	0,358	0,503	0,262	0,206	0,348
17. Renov	-0,309	-0,136	-0,069	0,610	-0,193	-0,059	-0,164	0,103	0,492	0,198	0,569	-0,145	0,753	0,211	-0,014	0,358	1	0,404	0,240	0,278	0,228
18. Jg envi	-0,405	-0,495	0,417	0,559	0,037	0,255	-0,025	-0,221	0,629	0,165	0,349	0,021	0,142	0,534	-0,041	0,503	0,404	1	0,611	0,626	0,326
19. Jg log	-0,384	-0,370	0,280	0,375	-0,057	0,227	-0,139	-0,118	0,552	0,205	0,263	0,086	-0,004	0,514	0,114	0,262	0,240	0,611	1	0,466	0,200
20. Jg quart	-0,112	-0,276	0,233	0,428	-0,128	0,041	-0,172	-0,010	0,439	0,149	0,282	-0,054	0,086	0,344	-0,023	0,206	0,278	0,626	0,466	1	0,257
Puissance tot.	0,066	-0,144	0,140	0,349	0,117	0,254	0,088	-0,168	0,365	0,193	0,328	0,116	0,101	0,433	0,210	0,348	0,228	0,326	0,200	0,257	1

6. ANNEXE : Cercle de corrélation entre F1 et F3 dans l'ACP à 17 variables



7. ANNEXE : Retranscription des entretiens

Pour plus de simplicité, tous les entretiens sont retranscris, (excepté celui avec MG Energy, et sauf ceux sans enregistrement, pour lesquels il y a eu prise de note) avec « D » pour Dylan et « I » pour Interlocuteur.

(1) Mr. Rousseau, Cycle Devos, Avenue de la Couronne, Ixelles – 18/03/2015, durée +- 10min (Rousseau, 2015).

Pas d'enregistrement.

Cycle Devos = Magasin près du cimetière d'Ixelles de vélos, mobylettes, scooters et autres types de cycles. Gérant : Mr. Rousseau.

Installation il y a de cela 1 an, cela lui a coûté 50000€, sachant qu'il avait une facture annuelle de 2500€ d'électricité chez Electrabel. Ce n'est clairement pas pour les aspects économiques qu'il a voulu mettre en place son installation PV. Il ne s'attendait pas à avoir des bénéfices à ce niveau-là, et il n'en a effectivement pas eu pour l'instant (mais c'est récent, donc pas encore de retours clairs d'un point de vue financier). C'est a priori neutre sur le plan financier. Il estime son temps de retour sur investissement à une dizaine d'années. A noter qu'il sait que les panneaux fonctionnent à plein régime pendant 10 ans puis ça commence à décliner. Très déçu du système dans l'ensemble. Ses motivations ne sont certainement pas politiques, il n'est pas écolo. Finalement, c'est surtout pour

des raisons environnementales qu'il a décidé de passer au PV. Cela entrait en cohérence avec l'activité de son entreprise, pour une moindre pollution des villes, etc. L'autonomie en termes d'électricité n'était pas non plus une motivation en soi, puisque « les câbles sont là, le compteur est là, et pas sûr que l'installation prenne le relais en cas de panne de courant ».

Son installateur, qui a pris beaucoup de retard pour l'installation, a été déclaré en faillite quelques mois après, donc même impossible de les attaquer. Heureusement, l'installation était terminée sinon il se serait vraiment fait avoir.

Forte critique des mécanismes de soutien. « Il y a toujours une virgule qui fait qu'on ne vous accorde pas les aides ». Premier problème est qu'il ne rentrait pas dans les normes niveau puissance. Ensuite, comme son installateur, maintenant en faillite, a pris du retard, les délais n'ont pas non plus été respectés et donc pas droit aux aides. Ayant perdu confiance vis-à-vis de ces mécanismes de soutien, il n'est même plus sûr de vouloir s'intéresser aux CV. S'il y a une chose à améliorer selon lui, c'est de simplifier et rendre plus accessibles les mécanismes de soutien, lui qui ressort d'une mauvaise expérience avec ceux-ci.

(2) Mr. Musex, Ferme Yves-Gomezée, rue des Raidons – 20/04/2015, durée 11min (Musex, 2015).

Dylan – C'est pour comprendre un peu les motivations, les profils des personnes et des entreprises qui ont installé en fait des panneaux photovoltaïques. Et donc au niveau de vos motivations pour justement installer des panneaux, c'était plutôt économique, ou est-ce qu'il y avait le fait que ce soit intéressant pour l'environnement, ou autre ?

Interlocuteur – C'était plutôt économique.

D – Et les préoccupations environnementales, ça n'a pas vraiment joué alors ?

I – Oh si mais je veux dire, si on n'avait pas les aspects économiques, on aurait probablement pas installé.

D – Niveau politique est-ce que cela a influencé ?

I – Non non ça n'avait rien à voir.

D – Ok, et c'est une installation qui date déjà de plusieurs années ?

I – C'est une installation qui a 5 ans. J'en ai mis une sur mon étable là au-dessus, une étable pour les vaches laitières, c'est une installation de 10 kW là, et il m'en faut 17 donc je suis encore trop court. Je ne produit pas encore assez. C'était les installations de base à 10 kW, et l'autre (sur la maison) c'est une 7,8 kW plus pour le ménage alors que l'autre est pour le professionnel.

D – Vous avez pris les deux quoi. Et donc dans la ferme, l'étable là-bas, c'est pour des machines ?

I – Beh j'ai les refroidisseurs à lait, les pompes de machine à traire, la pompe immergée pour le puit, … C'est des trucs qui consomment énormément.

D – C'est sûr, et niveau retour sur investissement vous pensez que ca va prendre du temps ?

I – Ca a pas mal avancé, avec les tickets verts on a déjà la moitié de rempli, et ça avance bien. On est contents de l'installation.

D – Et donc les mécanismes de soutien vous êtes assez contents de cela ou bien il y a eu des problèmes ?

I – Il y a 4-5 ans qu'on a installé cela, on est tombés juste à la période où les tickets verts ont diminué, mais les installations ont fort diminué aussi à ce moment là. Donc je pense qu'on est tombés plus ou moins à la bonne période pour le faire.

D – Donc l'un dans l'autre vous en avez peut-être encore pour quelques années et ce sera fait ?

I – L'un dans l'autre d'ici 2-3 ans à mon avis ils sont payés quoi. Donc nous on est satisfaits, maintenant il faut voir à l'usure si on commence à avoir des pannées et compagnie… Et alors bon on a la chance qu'on est tombés sur des sociétés sérieuses quoi. C'est les installateurs alors, parce qu'il y a aussi quelques places et quelques échos où c'était pas terrible. Ici bon il a juste dû revenir 2 fois, une fois une fiche qui s'était enlevée, qui avait bougé, et une fois une babiole sur un onduleur. En fait c'était le réseau qui avait inversé les phases et il a juste fallu attendre qu'ils remettent les phases dans le bon sens. Mais ils (les installateurs) sont venus les deux fois assez rapidement. Maintenant je sais pas à la fin de leur vie comment on saura éliminer ça non plus !

D – C'est sûr, et donc les installateurs a priori ne promettent pas de récupérer les panneaux pour l'instant ?

I – Non… Ils faisaient une garantie, je ne sais plus combien d'années, je n'ai plus ça en tête. Je crois que c'est 10 ans les onduleurs et 15 ans les panneaux. Mais après on verra bien !

D – Ok, mais donc pour l'instant, assez satisfait des installateurs, du système, etc. ?

I – Pour l'instant oui assez satisfait du truc, vu qu'on a retouché avec les tickets verts quand même une bonne partie de l'investissement.

D – Tiens et niveau administratif, tout ce qui était démarche, paperasse, …

I – La société s'est occupée de tout. Comme ça on était tranquilles.

D – Ah d'accord, parce que j'ai eu d'autres échos où c'était un gros frein, c'était lourd administrativement…

I – Ah ouai, nous c'est la société qui a pris en charge.

D – Si ce n'est pas indiscret c'est quelle société qui fonctionne comme ça ? Si vous vous souvenez…

I – Ca va me revenir, c'était un représentant sur Yves-Gomezée. Il ne vient plus là comme ça a un peu baissé de régime mais la société existe toujours. Ils travaillent toujours dans l'électricité et ils fournissent toujours des panneaux quoi.

D – Comme c'est assez intéressant de voir qu'il y a certains installateurs qui font un suivi et qui s'en occupe.

I – Beh oui et qui ont gardé leur sérieux. Et bon il y a de ceux qui n'avaient pas le choix de toutes façons hein, comme il y a tout qui bloque financièrement beh… Certains garantissaient des certificats à 80€, ou qui gonflaient les prix des installations de manière phénoménale. Nous on s'était renseignés à 3-4 places mais il y avait des trucs qui ne tenaient pas vraiment la route dans l'histoire quoi.

D – Concernant votre installateur vous vous souvenez peut-être du lieu ?

I – C'est sur Bruxelles, et on avait un représentant qui habitait ici à Yves-Gomezée, et qui a mis pas mal de panneaux dans la région. C'est Jean-Pol Bertrand le vendeur et le délégué.

(Va chercher des documents administratifs pour le nom de la société. Ne les retrouve pas mais après recherches de mon côté il s'agissait en fait de Rénov-Electric).

I – Désolé !

D – Aucun souci. Et comment vous avez pris connaissance de ces installateurs, vous avez d'abord un peu prospecté ?

I – Heu on avait eu plusieurs personnes qui étaient passées hein. A l'époque il y en avait beaucoup qui démarchaient. On avait regardé un peu les prix et en fait le représentant là c'est un cousin à un copain à moi, donc c'est plutôt bouche à oreille, et alors en même temps je connaissais 15-20 installations qu'il avait fait dans la région par ici quoi. Donc il était bien actif dans la région. Maintenant beh le représentant n'est plus là, il faut autre chose.

D – Ouai c'est pas mal. Mais donc vraiment satisfait dans l'ensemble mais s'il y a quelquechose à améliorer peut-être dans le système ?

I – Bof non, je suis content de ces gens là. Ils ont suivi le bazar, c'était sérieux donc heu…

D – Ouai non c'est nickel alors. J'en ai pas encore fait beaucoup mais c'est le premier retour vraiment positif par rapport à ça.

I – (rires) Non mais c'est comme tout investissement. Ici on a payé 32000€ les deux installations, à mon avis ce sera rentabilisé en moins de 8 ans (en tout). Les tickets verts ont déjà pas mal payé.

D – En tout cas merci beaucoup, ça m'a bien aidé. Je peux peut-être juste prendre votre nom ?

I – Musex, M-U-S-E-X, Jerry, J-E-R-R-Y. Comme Tom & Jerry.

D – (rires) Parfait, merci beaucoup en tout cas. Une bonne journée !

(3) Mme. Van Den Brande de l'entreprise de carrelage (vente et pose) Van Den Brande Pascal : aménagement extérieur, chape, pavage – 20/04/2015, durée +- 15 min (Van Den Brande, 2015).

Pas d'enregistrement.

Il s'agit d'une petite entreprise, le long de la nationale 5 entre Yves-Gomezée et Fraire. C'est un cas particulier car ils ont une installation en tant que particulier mais leur entreprise est située sur le même terrain (bâtiment directement voisin).

Dans son cas, les motivations de départ étaient clairement économiques. L'environnement, l'orientation politique, … n'avaient rien à voir là-dedans. Les connaissances sur l'environnement semblent d'ailleurs assez réduites, mais tout de même intéressée par les éoliennes. C'est une installation très récente (moins d'un an) et ils n'ont pas encore profité des mécanismes de soutien. Il est donc difficile pour elle de donner un temps de retour sur investissement. C'est plutôt le bouche-à-oreille qui a joué ici, avec son frère qui disposait d'une installation chez lui pas très loin de là.

Deux grandes critiques sont émises vis-à-vis du système dans son ensemble :

- Concernant les installateurs tout d'abord. Elle a ressenti un manque de professionnalisme de ceux-ci, qui ont par exemple troué le toit en ardoises pendant les manœuvres d'installation. Aucun suivi n'est réalisé a posteriori, alors que les panneaux nécessitent de l'entretien. Par rapport à ce problème, elle considère qu'il y a un facteur chance. Il faut tomber sur les bons installateurs qui peuvent aider même après l'installation.

<-> Système de suivi des installations + formation des ouvriers ?

- Concernant les mécanismes de soutien ensuite. Elle a été plutôt découragée à ce niveau-là. On fournit très peu de documentations écrites pour comprendre comment cela fonctionne. Lorsqu'elle a téléphoné à la CWaPE, elle n'a pas été aidée du tout. Comme il faut faire la plupart des démarches par ordinateur, cela rend le système beaucoup moins accessible à une partie du public (vieilles personnes, …). C'est un besoin de simplifier les démarches administratives qui ressort. Il faudrait des personnes qui ne s'occupent que de ça, qui puissent venir à domicile pour fournir une aide pour les certificats verts et autres démarches administratives. Intéressant aussi de proposer 2 alternatives pour ces démarches : l'une informatisée et l'autre pas, afin d'arriver à un système qui soit davantage tout public.

Comme mentionné précédemment, son installation s'applique à l'habitation, qui est par ailleurs louée, plutôt qu'à l'entreprise. Mais lorsque je lui ai demandé si elle serait intéressée d'avoir une installation spécifiquement pour l'entreprise, elle ne s'avère pas intéressée actuellement car ils sont surtout actifs à l'extérieur, chez les gens. Du coup, ils ont une faible consommation d'électricité dans l'entreprise, très peu de machines et cela ne vaudrait pas vraiment le coup. Mais peut-être plus tard quand l'entreprise se développera.

(4) Mr. Benoît, Ferme Maisoncelle à Walcourt, Ferme de Maisoncelle 2 – 27/04/2015, durée 15min (Benoît, 2015).

D – Donc on peut peut-être déjà parler de l'installation que vous avez à votre ferme, c'est une installation de grande envergure ?

I – 40000Wh.

D – Et donc c'est installé depuis longtemps ?

I – Ca va faire 2 ans.

D – Et vraiment au départ, quand vous avez décidé de mettre en place l'installation, c'était pour des motivations plutôt économiques ou autre ?

I – Plutôt économiques oui.

D – D'accord, et pour ce qui est question des motivations environnementales, ça n'a pas vraiment joué alors ?

I – C'est un petit plus mais bon c'est plus vu comme un bonus.

D – Et pas d'orientation politique à ce niveau là ?

I – Aucune (rires). Certainement pas écolo.

D – Dans tout ça, les mécanismes de soutien, ça s'est passé comment en fait ?

I – Beh du soutien on en a pas eu… Qu'est-ce que tu appelles le soutien ?

D – En gros il y a les primes, les certificats verts, …

I – Ah oui oui oui. Beh les primes, nous on est du secteur agricole et très honnêtement les primes on les prend quand il faut mais quand y a pas besoin on aime autant pas en parler. Qui dit prime si on vous donne d'un côté… C'est pas « reprendre » mais c'est toujours des contraintes, des contrôles et des ci et des là… Et alors nous dans notre optique ici, c'est qu'au départ quand on a commencé on voyait tout le monde qui parlait panneaux. « Il faut en mettre, il faut en mettre, pourquoi vous n'en

mettez pas ? ». Et donc 3 ans auparavant il avait un français qui passait, disait que c'était rentable, … A force de le voir passer on lui a dit de faire un devis et qu'on allait se renseigner. On s'est renseignés longtemps hein. On a eu le premier devis, on s'est décidés un an et demi/deux ans après. Mais question soutien on s'est jamais tracassés du soutien, on nous a toujours dit il y a les certificats verts et puis voilà quoi.

D – Et ça vous avez beaucoup exploité les certificats verts ?

I – Beh on essaie, mais bon… Quand on a fait l'installation, moi je suis pas trop branché ordinateur, je fais ce que j'y peux quand il faut mais c'est pas mon dada. Et bon la société a monté les panneaux et elle a dit « vous faites l'encodage pour la Cwape ». Comme je n'étais pas à ce moment là très au fait de l'ordinateur, un petit peu, je fais mes paiements ou je fais des bricoles mais ans plus, bin je me suis planté 2-3 fois et chaque fois bin la Cwape c'est très lent. Alors quand vous vous trompez vous ne savez plus à qui vous adresser. Je resonnais à l'installateur qui m'arrangeait l'affaire et puis voilà. Mais question soutien, soutien financier il y a les certificats verts, soutien au niveau des démarches, c'est la société qui a monté qui s'est occupé de tout elle s'en est très bien occupée.

D – Donc l'installateur a bien repris les choses en main de ce côté-là ?

I – Oui de ce côté-là je n'ai aucune critique à faire.

D – Et ils font un suivi un peu de l'installation ou pas spécialement ?

I – Si en fait eux, c'était la deuxième ou troisième grosse installation qu'ils faisaient, toutes les autres c'était aux particuliers. Alors si ils ont fait un suivi, mais au niveau des certificats verts comme moi l'ordinateur c'était pas trop mon truc, quand j'avais un souci je leur téléphonais et eux pour la communication, comme partout maintenant, c'est par ordinateur, et ça ça m'a posé assez bien de difficultés au début. Après pour finir quand j'avais quelquechose je prenais ma voiture je montais jusque chez eux et puis on arrangeait là quoi.

D – Et là l'installateur c'est qui qui s'en est occupé ?

I – Energreen. D'eux on a rien à redire, ça s'est très bien passé. Et le suivi après avec eux quand y a un souci beh il est réglé à chaque fois. Mais le problème c'est les certificats verts.

D – Et donc le fait que ce soit informatisé c'est quand même un frein… Il faudrait peut-être proposer une alternative, format papier ?

I – Il faudrait un service pour ça. Moi j'avais demandé à Energreen, en ce temps là quand on avait signé le contrat, si vous vous occupez de tout ce qui est la gestion des certificats verts. On m'a dit « oui mais c'est pas notre boulot », fin voilà quoi. Alors après qu'ils aient fait l'installation, je vais quand même me démerder par moi-même… Mais quand y a un souci au niveau de la Cwape et que j'essaie de le résoudre moi-même, je téléphone à la Cwape mais ils sont surchargés, et c'est tout par mail et tout ça. Et pour finir je prenais mon téléphone et eux (les installateurs) l'arrangeaient. Pour moi c'est des tracasseries. Des tracasseries inutiles parce qu'il suffit de prendre le téléphone, on décroche, on me dit vous faites ça, vous faites ça et point barre. Tandis que tout faire par mail, vous envoyez le machin puis vous attendez qu'eux l'aient lu, … Et voilà quoi.

D – Donc administrativement c'est quand même assez lourd à gérer ?

I – C'est pas que c'est lourd mais bon quand on a beaucoup de choses à faire entre autres, c'est toujours une tracasserie. Le problème ici dans les certificats verts c'est qu'il faut respecter l'auto-consommation, et donc choisir sa date pour les encodages pour être dans le bon. Faire son calcul pour être dans le bon. Et alors quand on est parti à la campagne et qu'on court à droite à gauche, ça dure pendant 15 jours qu'il faut galoper dans tous les coins, et on a pas toujours le temps pour ça. En

hiver par ce temps-ci (pluvieux) et quand on ne l'a pas et beh… Et alors ici j'ai un gaillard qui par une connaissance nous a renseigné un gars qui s'occupe de la gestion de tous ces certificats verts et tout ce qui est négociation des contrats…

D – Une personne spécialisée là-dedans alors ?

I – Voilà, qui ne fait que ça. J'ai pris contact avec elle et elle est venue y a quoi, y a un mois. Et ici je lui ai demandé qu'elle s'occupe des encodages qu'elle s'occupe de la gestion de ça, de les vendre à Elia ou si y en a un qui donne mieux beh, qu'elle fasse au mieux à ce niveau là. Je pense que ça peut être une solution, y a des tracasseries en moins. Parce que quand on se plante, on se plante, on se plante comme il faut.

D – J'imagine, et il faut recommencer, etc.

I – Oui ça coûte cher une erreur.

D – Et niveau alors temps de retour sur investissement, là ça prendra encore quelques années j'imagine ?

I – Eux nous disaient sur 7 ans. Moi personnellement quand je regarde, à mon avis ce sera plus vite sur 10 ans. Eux comptent sur leurs calculs à eux, mais on a jamais parlé des frais de comptage, des deux trois petits frais de la Cwape, toujours 200-300€ tous les trimestres, et de ceux-là on en a jamais parlé quoi.

D – Et puis si maintenant vous avez recours à une personne qui s'occupe de vos certificats, y aussi des frais en plus…

I – Oui faut que je le paie encore aussi. Voilà.

D – Donc faut compter quelques années en plus. Mais sur 10 ans vous pensez que ce sera… ?

I – Ouai. Moi je pense que sur 10 ans ça ira. Mais l'installation dans 12-13 ans qu'est-ce qu'elle vaudra encore ? Puisqu'elle perd en capacité un petit peu tous les ans. Et quand elle sera morte, qu'est-ce que je fais moi de mes panneaux ?

D – Ouai, ça c'est encore un gros problème apparemment, au niveau recyclage, qui va s'en occuper ? Parce que les installateurs proposent pas du tout ce service de récupération encore…

I – Je pense que moi on va gagner mais on ne gagnera pas tripette avec ça. Je m'attend à ce qu'on me dise quand l'installation elle est morte beh il faut encore payer autant pour ci, pour là,… Le bénéfice sera là mais il sera pas énorme.

D – Les installateurs devraient peut-être mettre en place un système où il le récupère parce qu'ils auraient peut-être à y regagner aussi quoi.

I – A la signature du contrat, ils nous garantissent qu'ils cotisent pour le service de recyclage. On garantit la filière là-dessus mais à mon avis ça reste à voir.

D – A mon avis c'est quelquechose de récent, je sais pas si ils ont déjà vraiment eu le cas de devoir récupérer des panneaux, comme c'est censé durer une vingtaine d'années en principe.

I – Pas que je sache en tout cas !

D – Et dans le secteur en général agricole, vous avez l'impression que c'est quelquechose de vraiment récurrent le photovoltaïque ? De ce que j'essaie d'observer j'ai l'impression qu'il y a quand même déjà pas mal de fermes qui en ont.

I – Beh beaucoup en ont, ca reste une bonne solution je pense, oui.

D – Et c'est spécifiquement pour quelles machines ?

I – Ici c'est pour des poulaillers, poulets d'engraissement de chair, donc il faut de l'électricité en permanence et c'est toujours à peu près, assez régulier comme consommation. Alors y en a beaucoup pour ceux qui traient, ils mettent une petite installation parce que ce qu'ils consomment ils le consomment plus en matinée et au soir quoi, quand le soleil est moins actif quoi. Et alors ils mettront plus vite une plus petite (installation), pour avoir plus vite du courant au prix d'achat quoi. Tandis que nous je n'ai pas les chiffres en tête comme ça, mais nous le raccordement c'est assimilé haute tension, l'installation c'est supérieur à 10kWc, donc on paie le prix du courant au prix plein et on le revend à clopinettes hein.

D – Oui avec les pics de consommation. Et donc dans l'ensemble, vous pensez qu'il y a des choses à améliorer dans le système ? C'est vrai que vous avez déjà parlé des démarches administratives, peut-être une personne qui est vraiment spécialisée dans tout ça, vous avez peut-être d'autres idées ? Dans l'ensemble plus ou moins satisfait donc ?

I – Techniquement je n'ai rien à redire sur l'installation, ça fonctionne et y a jamais eu de pépin, si y a un pépin c'est jamais qu'un bouton ou autre. On prend le téléphone on sonne chez eux et ils nous disent ah beh tu fais ça, tu fais ça… Et ça redémarre. Mais administrativement, au niveau de la gestion des certificats verts, c'est casse-pieds quoi. Y a moyen de faire plus simple je pense.

D – C'est vrai que vous êtes pas le premier à me le dire effectivement. Plusieurs qui sont dans ce cas là.

I - A l'ordinateur ce n'est pas que c'est bien compliqué mais faut pas se tromper. Quand on se trompe il faut le temps qu'on vous réponde et puis quand on vous a répondu c'est déjà un mois après. Et puis y a des délais à respecter…

D – Et finalement, vous avez dit que c'était un français qui passait dans le coin, il faisait du démarchage en fait ?

I – Voilà ouai, il faisait toutes les fermes. Toutes les fermes où il y avait une installation de salle de traite, les porcheries ou les poulaillers. Le poulailler ou la porcherie ça a besoin d'énergie toute l'année, constamment, de jour et de nuit. Et à ce moment là une installation comme ceci ça convient comme il faut l'auto-consommation à 50%. Et c'est plus facile à gérer, à doser le pourcentage d'auto-consommation. Parce qu'ici j'ai vu, quand le gars est venu pour la gestion des certificats verts, il a deux clients qui sont des grands patatiers, il dit eux ont plus difficile à les gérer que nous parce que eux tant que les bâtiments sont pleins de pommes de terre ça carbure et après quand ils sont vides il ne le faut plus.

D – Ouai c'est moins constant forcément. D'accord beh écoutez, je crois que j'ai fait un peu le tour de mes questions. Donc merci beaucoup, c'est nickel.

I – De rien (rires). Vous devez en trouver beaucoup comme ça ?

D – En fait je fais sur la Wallonie et sur la Région Bruxelles-capitale, je vais essayer d'en avoir une dizaine en tout, dans toutes sortes de secteurs. Encore merci, c'est bien gentil de m'avoir reçu.

I – De rien.

(5) Mr. Huart du CRIC (Climatisation Réfrigération Industrielle & Commerciale) dans le zoning de Chastrès – 27/04/2015, durée 5 min (Huart, 2015).

D – Donc en gros j'essaie de comprendre, votre entreprise ici c'est une entreprise de quoi concrètement ?

I – Climatisation.

D – Et vous avez installé une installation photovoltaïque pour quelle raison ?

I – Pour une question de rentabilité, et on avait les primes à l'époque.

D – Ah oui c'était essentiellement économique.

I – Oui oui économique à 100%.

D – Le rôle des mécanismes de soutien par rapport à ça ?

I – De nouveau, ça intervenait dans la rentabilité donc vu qu'on pouvait rentabiliser ça à l'époque sur 5 ans beh on l'a fait et les soutiens intervenaient dans cet aspect là. Niveau temps de retour sur investissement, c'était bon en 5 ans.

D – Et ça répond plus ou moins à vos objectifs, c'est déjà réalisé ?

I – Non c'est déjà réalisé.

D – Et du coup niveau certificats verts qu'est-ce que ça a donné ?

I – On les reçoit toujours. De nouveau c'est une question, quand on a fait notre calcul et qu'ils ont tenu la route par rapport à ça, vu qu'on rentabilisait sur 5 ans oui c'est ça qui a fait la rentabilité.

D – Et vis-à-vis de votre installateur, ça s'est bien passé en général ?

I – C'est nous, on les a installés nous-mêmes !

D – Ah oui d'accord, et vous procurez le service à d'autres endroits ou c'est vraiment juste pour vous, exceptionnellement ?

I – C'est plutôt exceptionnel, on le faisait. C'est pas notre cheval de bataille donc on l'a fait chez nous, on l'a fait à 2-3 autres endroits mais juste pour faire plaisir.

D – D'accord, et je vois qu'il y en a pas mal dans le zoning ici, d'installations, vous pensez que ça fonctionne plutôt par bouche-à-oreille, ou il y a du démarchage ? La raison sur laquelle ça s'installe beaucoup ?

I – Beh ça s'est installé, bon ça ne se fait plus maintenant. Je ne sais pas, je ne leur ai jamais posé la question pourquoi eux le faisait. Je suppose que ce sera un copié-collé aux différents endroits. On est la première place ou vous avez déjà été à d'autres ?

D – Non j'ai déjà été à d'autres endroits !

I – Et alors eux ils disent la même chose ?

D – C'est souvent économique en fait, mais il y a aussi certaines entreprises où il y a une cohérence avec leur image de marque. Par exemple des jardineries, des vendeurs de vélo, …

I – C'est pas plus mal, mais c'est pas un argument qui nous a fait acheter en tout cas.

D – Oui en plus ici comme c'est un zoning y a pas énormément de visibilité…

I – Ca oui entre autres, et puis nous comme on le faisait nous-mêmes on y gagnait en plus.

D – Ouai c'est ça. Mais donc assez content dans l'ensemble du système ?

I – Oui oui.

D – Et s'il y avait des choses à améliorer peut-être ? Administrativement ça a été, parce que par exemple avec d'autres ça posait parfois problème. Niveau des certificats verts ?

I – Oui c'est fort administratif ça c'est clair. Mais bon ça permet aussi de faire travailler des gens. C'est dans la politique de la Région wallonne. Moi j'ai pas de critique particulière à faire. On pourrait rentabiliser plus vite, ou avoir moins de papiers à faire, ce serait un plus.

D – Et que ce soit informatique, ça pose problème ou pas spécialement, ça fonctionne bien ?

I – Pour nous c'est pas un problème, ce n'est même que mieux. Donc nous on est pour avoir des trucs par informatique. C'est plus simple, ça permet d'éviter de gaspiller du papier, …

D – Ouai c'est bien. Beh voilà merci, c'est nickel.

I – Super, y a pas de problème.

D – Merci bien, une bonne journée ! Heu je peux peut-être juste prendre votre nom ?

I – Oui mon nom c'est Huart. Désolé mais c'est parce qu'on est un peu dans le rush.

D – Pas de problème.

I – Et quoi vous en avez déjà fait beaucoup ?

D – J'en ai fait 3-4, dans des fermes notamment et c'était bien intéressant. Encore merci en tout cas. Bonne journée au revoir !

I – Super !

(6) Mr. Bogers, Jardinerie de l'Eau d'Heure dans le zoning de Chastrès – 27/04/2015, durée 5min (Bogers, 2015).

D – Alors voilà, j'aimerais tout d'abord vous demander quelles ont été vos motivations pour installer du photovoltaïque pour votre entreprise ? Est-ce que cela a été plutôt économique, environnemental, politique, … ?

I – Il y a eu une motivation écologique aussi.

D – Donc l'aspect environnemental a quand même joué ?

I – Ca joue chez nous oui ! Par rapport à l'image de marque de l'entreprise. S'il fallait donner un poids je dirais à 70% économique et à 30% écologique. Il faut être honnête, mais l'écologie joue un rôle quand même.

D – C'est déjà très bien quoi. Et donc par rapport aux mécanismes de soutien, ça s'est passé comment en général ? Des primes, certificats verts ?

I – Pas de primes d'installations ou quoi que ce soit, uniquement des certificats verts.

D – Et vous en êtes content de ce système là ?

I – Oui très bien. C'est vrai qu'ils veulent les diminuer et qu'une fois que l'installation sera amortie ce serait fini, mais ça ne me dérange pas. Ce sera une économie au niveau du coût de l'électricité aussi quoi.

D – Donc pour l'instant vous êtes encore en train de le rembourser, ça prendra combien de temps vous pensez ?

I – Je ne sais pas, je n'ai pas calculé ! Mais je suis assez content de l'installation, ça nous donne au moins 10000 kWh par an donc ça nous convient très bien.

D – Et du coup il y a des usages spécifiques ? Vous devez éclairer ?

I – Non c'est vraiment pour l'éclairage, il n'y a pas d'autres appareils en particulier. Je ne sais pas si c'est uniquement photovoltaïque mais on a mis une chaudière à pellets aussi, du point de vue écologique aussi quoi. C'est intéressant sur le long terme, niveau énergies renouvelables.

D – Donc vous êtes quand même bien renseigné à ce niveau-là ?

I – Oui, on essaie en tout cas.

D – Beh c'est bien, et comment vous vous êtes renseigné ? Est-ce qu'il y a eu du démarchage, plutôt de la publicité ?

I – Non on avait fait chez nous et on s'est dit pourquoi pas au magasin aussi ! Parce qu'on avait quand même une grosse consommation d'électricité. Donc on s'est dit, ça peut être intéressant à rentabiliser cela.

D – Et le fait que vous soyez dans un zoning et j'ai vu qu'il y avait déjà pas mal d'installations autour, est-ce que ça a joué ?

I – Non, non.

D – C'est pas du bouche-à-oreille alors ?

I – Bah ça joue toujours un peu, c'est sûr. Et c'est un du zoning qui a installé les panneaux donc !

D – Ce serait pas heu, il a installé un suiveur solaire là-bas ?

I – Oui c'est ça, MG energy, oui.

D – Ah d'accord, je vais justement l'interviewé tout-à-l'heure. Comme quoi il y a quand même un aspect proximité.

I – C'est ce qu'on essaie. Comme ils sont clients, c'est un peu normal qu'on leur fasse vendre aussi.

D – Et est-ce que cet installateur-là s'occupe, il gère vos certificats verts ?

I – Non, on les gères nous-mêmes.

D – Et niveau administratif, cela vous pose pas trop de problème ?

I – Non, c'est juste que comme c'est du professionnel, donc moi j'envoie mes relevés de compteur, et alors ils envoient un document et on doit leur adresser une facture. Contrairement, en tant que privé, là ils font que verser le montant. Ici nous on doit, comme la TVA entre en ligne de compte pour nous, ils envoie le montant, on doit ajouter la TVA et alors ils paient ce montant.

D – D'accord, donc il y a quand même une petite différence particuliers et entreprises. Beh je pense que j'ai fait le tour, merci beaucoup. Je peux peut-être juste prendre votre nom ?

I – C'est Bogers, B-O-G-E-R-S.

D – Ok, je vais retenir ça ira.

I – Ca va.

D – Merci beaucoup en tout cas.

I – Oui, au revoir. Et c'est Jardinerie de l'Eau d'Heure.

D – Ok c'est noté, je peux prendre une photo de l'entrée ?

I – Oui y a pas de souci.

D – Merci hein.

(7) Mr. Frippat, Ferme Gerpinnes, rue de Walcourt (voix 6) – 04/05/2015, durée 9min (Frippat, 2015).

D – J'essaie de comprendre un peu mieux le parc photovoltaïque belge et notamment en Wallonie. Donc votre choix a été plutôt environnemental, économique, … ? Quelles ont été les motivations ?

I – C'était économique surtout.

D – Et l'installation c'est … ?

I – 15 kW.

D – D'accord, et c'est pour quel type d'utilisation, quels types d'appareils ?

I – Il y a 66 panneaux, il y en a 22 pour la maison et 44 pour l'étable. On a notre maison juste à côté.

D – Ok, et il y a des besoins d'électricité en particulier ?

I – Ici ouai, je consomme par an 22 kWh. Donc c'est vraiment utile.

D – Et vous êtes satisfait de l'installation pour l'instant ?

I – Oui oui.

D – Ok, et niveau temps de retour sur investissement, vous espérez que ça fonctionne comment ?

I – J'ai installé il y a 2 ans, en tout il fallait compter 4 ans donc dans 2 ans c'est déjà fini. Mais bon pour le moment, les CV c'est un petit peu moins que le remboursement de l'emprunt. Mais disons que pour l'économie de l'électricité il y a le kW qu'on ne paie pas mais y a aussi le transport, c'est des frais qui comptent aussi. C'est gagnant.

D – Oui, et vis-à-vis de votre installateur, vous en êtes content en général ? Ca s'est passé comment ? Comment vous avez décidé ?

I – Assez content oui. Il y a eu du démarchage. Sinon j'y avais pensé mais sans plus quoi. C'est plus le démarchage qui a joué à ce niveau-là.

D – Vous parliez de CV, à ce niveau-là ça reste assez rentable ? Parce qu'il y a eu un changement de système aussi…

I – C'est toujours rentable hein. De toute façon même sans ça c'est toujours rentable. Bon ça aide au début mais sans ça (les CV) c'est rentable.

D – Si vous voyiez des choses à améliorer dans le système ? Par exemple pour ces CV tout est informatisé, c'est vous qui avez dû vous en occuper ou c'était plutôt l'installateur ? Parce que je sais que certains installateurs prennent les choses en charge…

I – Non c'est moi.

D – Il n'y a pas vraiment de service après-vente de ce côté-là ? Ou niveau entretien ?

I – Beh entretien heu, quand je vois vraiment qu'ils sont sales ils viendront. Mais tant qu'il y a rien, il y a rien.

D – Et les histoires de recyclage en fin de vie, ça ne vous tracasse pas ? Il y a certaines craintes à ce niveau-là parfois ? Donc qu'est-ce qu'on va faire des panneaux quand ils seront en fin de vie ou ce genre de chose ?

I – Beh de toutes façons c'est du silicium. Il y a rien à faire a priori. Quand j'achète un outil, quand il ne va plus après 10 ans, on change et puis c'est tout. Ici c'est pareil.

D – C'est ça, mais donc assez content dans l'ensemble du système, même administrativement c'était pas trop lourd ?

I – Ca allait. La seule chose que je trouve un peu scandaleuse, c'est comme je consomme ici 22000 kWh, je n'ai ici que pour 12000 kWh de panneaux solaires. Moi je pensais couvrir au moins les 4/5 avec ça. Il y a une limite parce qu'on devient producteur pour le système. Mais j'avais beau leur expliquer que j'étais pas producteur puisque de toutes façons mes panneaux solaires ne produisaient pas encore assez pour ma consommation donc je ne suis pas producteur. C'est une aberration. On fait une installation ainsi autant en mettre 40 (panneaux ou kW ?) en plus.

D – Oui donc vous auriez bien voulu en mettre bien plus ?

I – Ah oui pour couvrir les 4/5 quoi. Mais je rentrais dans la catégorie producteur et il fallait alors une étude d'incidence, fin toutes sortes de choses, ça allait coûter chez. Alors que je n'étais pas producteur, c'est pour moi, c'est pas pour le réseau. C'est une aberration du système quoi.

D – Et j'ai l'impression vraiment que les fermes c'est un secteur d'activité où il y a vraiment eu beaucoup recours PV, vous connaissez d'autres fermiers dans le coin qui ont eu recours à ça ?

I – Pas tellement. Par contre oui, je reviens à ça, si ça avait été à refaire je n'aurais même pas mis de panneaux PV. Parce que maintenant après, j'ai été à une réunion, on vend maintenant des kits pour faire du biogaz. C'est un système de containers hein, ça coûte 80000€ et alors là ça tourne tous les jours.

D – Donc vous auriez préféré cette alternative là ?

I – Ah oui parce que moi j'ai une masse de fumier que je suis obligé d'épandre dans le champ alors tant qu'à faire autant s'en servir pour faire du gaz. Et le container il est vraiment bien moulu, impeccable quoi. C'aurait été mieux mais il était trop tard. Les panneaux étaient mis, je pouvais pas faire autre chose quoi. Mais si un jour mes panneaux solaires rendent l'âme c'est ce que je fais.

D – Mais donc vous explorez un peu toutes les possibilités, niveau renouvelable ? C'est intéressant.

I – Bah oui parce que bon, c'est aberrant qu'on a des tas de fumier un peu à gauche à droite et on en tire pas profit. On pourrait en dégager de l'énergie avec ça.

D – Clairement, et c'est renouvelable, c'est vraiment intéressant quoi.

I – Et ça tourne en permanence contrairement aux panneaux solaires. Je vois des exploitations où eux ils mettent des systèmes biogaz mais à lisier. Ce serait impeccable. Ca coûte 75000-80000€, ça alimente un moteur et ça produit l'électricité. De toutes façons à la RW il y a rien qui bouge donc avant que ça ne bouge.

D – Ca aussi, j'ai l'impression que quand même administrativement y a pas mal de choses qui bloquent. Il faudrait peut-être des personnes vraiment spécialisées dans chaque technologie pour s'occuper de ça.

I – Ouai et y a une volonté politique hein de toutes façons. Aller faire la connerie de mettre des CV à des prix un peu trop élevés.

D – Les gens en ont bien profité en tout cas.

I – Ah oui parce que moi je suis contre. J'en profite mais je suis contre parce que le voisin plus bas qui n'a pas de panneaux n'a pas à payer pour moi. On fait un investissement mais bon…

D – Beh oui c'est un peu un effet pervers quand même du système.

I – Beh ouai parce qu'au début ils en ont beaucoup, c'est vrai que les installations étaient cher. Mais après ils font marche arrière, à promettre un prix plus bas. Nous on continue y a pas besoin de s'avancer dedans (les CV), en 4 ans c'est bon.

D – Ouai c'est ça. Mais en tout cas c'était bien gentil d'voir répondu à mes questions. J'ai bien fait le tour. Je vais peut-être juste prendre votre nom, juste pour info ?

I – Frippat Joël. F-R-I-P-P-A-T.

D – Merci bien, au revoir !

I – Au revoir.

(8) Entreprise de fruits et légumes en gros Van Dyck Frères, rue Fond d'Arquet – 21/05/2015, durée 4min (Van Dyck Frères, 2015).

D – En fait c'est déjà un peu le profil de l'installation qui m'intéresse, qui semble d'assez grande envergure.

I – 3 ans, il y a 200 panneaux.

D – A ce moment-là, ça fonctionnait comment les mécanismes de soutien ?

I – C'était les certificats verts surtout.

D – Quelles motivations pour cette installation justement ?

I – Pour les chèques verts et parce qu'on consomme beaucoup d'électricité. Pas vraiment pour l'éclairage mais plutôt pour les frigos qui consomment énormément. On utilise tout ce qu'on produit avec les panneaux.

D – Le système PV couvre toute votre consommation du coup ?

I – Non seulement un tiers.

D – Et vous seriez intéressés de produire davantage ?

I – Peut-être qu'on va mettre encore une couche, sur le toit cette fois (les panneaux existants se trouvant au sol sur une butte à côté de l'entrepôt).

D – Vous êtes satisfaits de votre installation dans l'ensemble ?

I – Oui assez satisfaits.

D – Le chantier a été compliqué ? On sait qu'en ville cela peut poser problème…

I – Non tout a bien été. En ville ça peut être compliqué mais ici (Bomel est un peu en périphérie de Namur) on a même pas eu besoin de permis.

D – Ah oui d'accord. La motivation était surtout économique alors ? Pas d'aspects environnementaux ou quoi que ce soit ?

I – Si hein on est écolos à fond ! (rires ironiques). Non c'est économique hein. Mais l'environnement en fait partie, c'est juste plus vu comme du « bonus ». Tant mieux si c'est bénéfique.

D – Au niveau de l'installateur, qui s'en est chargé ?

I – C'est Solier (?), c'est l'électricien qui l'a fait.

D – Et pas de problème à ce niveau-là ? Est-ce qu'il assure un suivi des panneaux, des entretiens ou ce genre de choses ?

I – Pas de problème non plus, tous les ans il vient contrôler ça ce qui est déjà pas mal.

D – Et c'est lui qui s'occupe des CV ou c'est vous ?

I – Non non c'est nous.

D – C'est pas trop compliqué à ce niveau-là ? Tout est informatisé ?

I – Oui tout est informatisé. Au début c'était très compliqué mais c'est une habitude à prendre, c'est la première fois la plus difficile. On avait plusieurs fiches à remplir, plusieurs questionnaires, etc. Il y a toujours des difficultés pour la première utilisation et puis maintenant ça va.

D – Au niveau de la CWaPE personne ne s'en occupe ? C'est peut-être difficile à contacter ?

I – On a une personne de contact à la CWaPE si jamais, quand il y a un problème.

D – Ok, c'est pas mal aussi. Je crois que j'ai fait le tour, c'est gentil. Nickel, merci beaucoup.

I – De rien, au revoir.

(9) Mr. Carlier de Carlier Bois, Avenue Albert 1er Saint-Nicolas, Namur – 21/05/2015, durée 15min (Carlier, 2015).

D – Donc je suis étudiant en Gestion de l'environnement et pour mon mémoire j'étudie les installations photovoltaïques en Belgique pour les particuliers et pour les entreprises. J'essaie un peu de voir les motivations des entreprises à installer du photovoltaïque. Donc ici l'installation elle se trouve plutôt pour ce bâtiment-ci ou pour l'entrepôt à côté ?

I – Oui, vous la voyez sur la photo ici derrière, c'est plus facile.

D – Ah oui d'accord, c'est là où on se trouve quoi. Et c'est d'assez grande envergure ?

I – Alors à l'époque c'était considéré comme « grand », même si c'était pas la première aussi grande en 2009 en province de Namur. Mais donc pourquoi avoir décider ça ? Tout simplement en 2008, si vous regardez les graphiques du prix du baril de pétrole il était à 140$ je crois… Donc maintenant il est quoi, à 60$? Enfin, plus ou moins… Et donc je me suis dit, si on ne fait rien, si personne ne fait rien, on est vraiment toujours dépendants de cette énergie fossile et aussi géopolitiquement on est dépendants du Moyen-Orient, c'est pas toujours une bonne chose. Et donc je me suis dit voilà, moi à mon niveau est-ce que je peux faire quelquechose ? On commençait à parler pas mal de photovoltaïque et je me suis dit tiens, je vais demander à mes collaborateurs plus techniciens que moi d'étudier un peu le dossier. Et puis il l'a fait… Et ça ne s'est pas bien passé.

D – D'accord…

I – Parce qu'on a pas eu beaucoup de chance mais l'installateur, c'était une grosse installation pour lui. Et apparemment après la pose des panneaux, l'installateur chez nous, il est tombé en liquidations. C'est pas à cause de nous hein mais je veux dire, mauvaise gestion etc. Et donc on a eu énormément de problèmes à finaliser le dossier, c'est-à-dire qu'il avait évidemment promis de faire toutes les démarches pour obtenir les certificats verts, etc. qui étaient très importants pour la rentabilité du projet. Et naturellement il ne s'en est pas occupé. Le collaborateur qui avait fait l'étude chez moi a repris le dossier mais il prenait sa retraite quelques mois plus tard. Donc finalement c'est arrivé sur mon bureau. Moi je n'y connaissais pas grand-chose dans ce dossier-là, je l'étudiais après les autres dossiers opérationnels de l'entreprise. Chaque fois que je pensais être au bout du dossier, il y avait une nouvelle étape à franchir. Ca a pris donc beaucoup de temps. Et finalement quand je croyais être vraiment au bout, on m'a demandé de faire une étude co-génération alors qu'au départ on m'avait dit que c'était pas nécessaire, mais comme ça avait traîné, j'ai quand même dû en faire une… Enfin, il y avait à chaque fois quelquechose qui s'ajoutait, on m'a demandé « est-ce que vous avez un compteur bi-directionnel ? » Et beh non, je ne sais pas… Il y avait à chaque fois quelquechose.

D – Y a une lourdeur administrative à ce niveau-là…

I – Et en plus les contacts de ces gens-là ils sont en contact quotidien avec les fonctionnaires, ils connaissent les arcanes administratives, ils savent par où passer, … Et donc cette aide-là on en a pas bénéficié finalement. Il a fallu pratiquement 2 ans et demi/3 ans pour être au bout. Avec une installation qui donne quand même insatisfaction en termes de rendement, c'est-à-dire que c'était des panneaux de 3ème génération, vous pouvez monter les voir. Ce sont des tubes avec des cellules PV à 360°. Donc ils prennent la lumière directe et indirecte du soleil. A l'époque on nous avait présenté ça comme les panneaux du futur. Il fallait pour ça, comme vous l'avez vu sur la photo, une membrane réfléchissante blanche, qui maintenant est bien grise parce qu'en Belgique, c'est impossible de garder blanc. Et que j'ai déjà fait nettoyer quelques fois par des étudiants, mais c'est pas évident parce qu'il faut faire du « ramping » par en-dessous des panneaux… Et donc ça je ne m'en suis pas rendu compte tout de suite que le rendement n'était pas celui qu'il devait y avoir. Apparemment nous on a 40 kWh. Et d'après ce que j'ai connu de certaines connaissances qui sont dans ce domaine-là, en Belgique on devrait faire plus ou moins 90% de ses capacités donc 36 kWh. On est très loin de ça… Il faut compter 26 kWh, quelquechose comme ça. L'entreprise qui a fabriqué ces panneaux, c'est une entreprise américaine, qui est tombée en faillite.

D – Avec les concurrences chinoises ?

I – C'est pas la concurrence parce que la concurrence c'est sain. Mais le dumping chinois. Donc ça veut dire que si moi je devais remplacer un panneau, j'aurais des problèmes. Et finalement j'ai un

client qui un jour est venu dans mon bureau, qui était dans le domaine, qui s'est rendu compte que mon « Solarfox » ne fonctionnait plus. « Solarfox » / « Solarlox » je ne sais lequel des deux il faut utiliser, enfin c'est les deux termes qu'on utilise. Pour enregistrer les données. Vous avez vu que dans le libre-service on a une vidéo qui montre la production en direct.

D – Ah oui d'accord, j'avais pas vu mais…

I – Pour faire un peu de marketing ! Et ça fonctionnait plus donc il est venu me voir, me dire si vous voulez je peux vous aider. Et donc il m'a dit qu'il y avait quand même pas mal de soucis avec l'installation, auxquels il a remédié. Il m'a dit que j'avais 5 onduleurs et que finalement il y en avait un qui était pas fort alimenté, et un onduleur pour être efficace doit être fort alimenté… Donc il m'a fait une proposition de réinstaller une trentaine de panneaux classiques, pour avoir une installation à jour. Et l'année passée j'ai accepté son offre. Et donc si vous montez (sur le toit), vous verrez que l'installation qui est photographiée là, qui était bien rectangulaire…

D – Y a eu une extension en fait ?

I – Oui, et on a fait des modules pour pouvoir plus facilement les entretenir. Il a remis de l'ordre là-dedans.

D – Et niveau rendement, il y a déjà mieux ?

I – Ici si vous venez de mon côté, je vais vous montrer, donc ce que voient les clients. Ca c'est le bilan quotidien, aujourd'hui, le bilan mensuel, … Ici j'ai eu un onduleur qui a déclenché. Donc l'enregistrement ne s'est plus fait mais ça ne veut pas dire… Donc y en avait un des cinq qui n'allait plus, mais les quatre autres fonctionnaient. Donc l'enregistrement ne se fait pas, j'ai un vide. Ma production réelle est quand même supérieure à la production enregistrée puisqu'il y en a 4 sur 5. Donc j'en ai 3 qui font plus ou moins 10 (kWh ?) et 2 petits. Et ici il n'a rien montré mais il y en a 4 qui ont fonctionné mais apparemment quand il y en a un des 5 qui ne fonctionne pas, l'enregistrement ne se fait pas. Bilan annuel. Ca c'est cette année-ci, on a eu un beau mois d'avril. Et ici je vais être en dessous de ce que j'aurais dû être puisque il n'a pas tout enregistré. Et ici 2013 j'ai produit plus mais comme mon Solarlog n'a plus fonctionné pendant des mois il ne m'a pas tout enregistré mais bon. Si je me base là-dessus, ici je suis à 26000 (Wh ?). Maintenant probablement que la production réelle est un peu plus importante mais en tout cas elle n'équivaut pas à ce qu'elle devrait être.

D – Ok. Mais c'est pas mal, cet outil-là (le logiciel pour contrôler sa production) est fourni par tous les installateurs ?

I – Moi il me l'avait fourni, je trouvais ça bien, il m'avait offert des écrans pour qu'il y ait, encore une fois, une connaissance pour les clients. Et ça c'était dans l'ère du temps aussi et voilà. Moi j'aime bien, au moins quand il fait beau, je suis doublement heureux et je regarde régulièrement je dois dire. Voilà mais donc c'est un dossier qui m'a donné quelques cheveux gris et qui a fait que quand j'ai fait un nouveau bâtiment 2-3 ans plus tard, j'en ai pas mis. Alors que si ça c'était bien passé, comme prévu au départ, j'en aurais probablement rajouté. Parce que c'était quand même avantageux. Ca coûtait très cher à l'époque mais c'était énormément subsidié. Il y avait d'importants subsides, plus les certificats verts pendant 15 ans, qui étaient garantis à 65€ mais c'était même 80 à l'époque ! Donc sur papier la rentabilité était prometteuse.

D – Ouai et maintenant ils essaient d'adapter…

I – Maintenant ce sera moindre, puisque les CV c'est 65€ calculé au tarif de l'époque, et le rendement est moindre que prévu. Mais bon, j'ai eu les subsides, je peux l'amortir quand même comptablement, fiscalement, … Et je produis quand même de l'énergie propre, j'ai quand même une

note de facture un peu moindre. Mais voilà, pour le moment j'ai pas eu de chance dans ma démarche, mais ma démarche partait d'un baril à 140$.

D – Ouai donc il y avait quand même des motivations environnementales assez marquées ?

I – Honnêtement oui, ou en tout cas d'indépendance énergétique, on va dire ça comme ça.

D – Mais merci beaucoup en tout cas, ça m'a bien aidé, on a un peu fait le tour.

I – Si vous voulez aller voir, il y a une échelle qui est sécurisée.

D – Je peux monter sans problème ouai ?

I – Oui oui.

[Reprise]

I – Quand il a installé ses panneaux classiques, il a fait quand même un essai, un jour de soleil. Il a vraiment bien nettoyé, il a remis le panneau dessus, etc. Et il trouvait que la différence (en parlant des panneaux de 3ème génération en tubes) avec un sol parfaitement blanc n'était pas énorme. Ceci dit, ce qui m'avait rassuré quand même, même si c'est pas moi vraiment qui avait étudié le dossier, ce qui m'avait rassuré à l'époque sur ces panneaux-là, qui étaient avant-gardistes, c'est que des firmes comme Colruyt en avaient installé sur certains de ses magasins. Et bon c'est quand même des gens qui sont souvent précurseurs, qui sont bien renseignés dans le dossier, etc. Et donc j'avais vu ça, je m'étais dis tiens, on ne part pas dans l'inconnu non plus.

D – C'est ça, mais quand vous avez réinstallé d'autres panneaux, c'était plus la même génération ?

I – Et bien non puisque je vous ai dis que ils sont tombés en faillite en même temps. L'installateur il ne les connaissait même pas. Mais bon voilà, maintenant l'avantage de ces panneaux-ci, on le voit ici, en fait ça se pose directement sur des tréteaux, il y a pas de fixation donc c'est très important pour l'étanchéité de la toiture. C'est simplement posé, c'est facile à faire. Il y a pas de prise au vent donc vous pouvez avoir des vents jusqu'à 220 km/h. Bon ici (la technologie classique), c'est beaucoup plus lourd, il y a plus de prise au vent, etc. J'espère que je n'aurai pas de souci non plus. Ici on est dans un couloir en fait, dans une vallée, et j'ai déjà eu une surprise assez surprenante. C'est que la, comment dirais-je, le lettrage qui se trouve ici au-dessus de mon bureau, le logo « Carlier Bois », qui est quand même lesté avec du béton. Un soir de tempête elle a basculé sur le parking, dans un bruit effroyable. Je me suis demandé ce qui se passait. Et bon, heureusement c'était le soir, il n'y avait plus de monde, il y avait plus de clients sur le parking ici. Mais ça aurait pu être dangereux et donc je me suis dit oula…

D – Petite réserve sur les panneaux…

I – Oui, parce qu'il y a quand même le poids mais bon ici il y en a quand même une trentaine qui ont été répartis. Mais c'est vrai qu'au départ le toit n'avait pas été prévu pour ça en fait. Donc voilà.

D – D'accord, niveau sécurité alors… Ca ne vous dérange pas si je vais voir en haut alors ?

I – Non non. Sinon ceux qui n'ont pas les moyens d'investir les toitures on peut aussi les louer, c'est une autre possibilité. Mais donc ici j'ai été un peu refroidi, je vous l'avoue.

D – Je comprends, c'est pas la première fois que j'entends ça aussi.

I – J'ai un ami qui est directeur opérationnel chez Green Energy, donc il m'a aussi un peu conseillé après, etc. Bon si je devais partir quelqu'un comme lui que je connais depuis 30 ans, il y aurait un rapport de confiance.

D – Mais c'est le problème un peu des nouvelles technologies, enfin… Sinon niveau temps de retour sur investissement, c'est déjà rentabilisé ?

I – Au départ ça devait l'être en 5 ans et demi. Mais comme ça a pris du retard dès le départ, au lieu de commencer à compter en 2009 peut-être que je vais commencer à compter en 2012. Et puis j'ai dis, j'ai moins de CV, j'ai moins de rendement donc il faut attendre encore un peu plus longtemps.

D – Fatalement…

I – Par contre dans le calcul qu'il avait fait il n'avait pas pris en compte l'amortissement comptable fiscal, puisque là quand on paie son impôt, en théorie c'est 34% d'impôt pour les sociétés vous le savez sans doute. Mais je dis en théorie parce qu'il faut déduire certaines choses, donc nous on ne paie que 25% d'impôt. Mais ça veut dire quand même que toutes ces charges, c'est encore 25% moins cher aussi. Bon on avait pas pris en compte ça non plus…

D – Y a un petit retour à ce niveau-là.

I – Si on prend ça en compte je pense que ça reste quand même intéressant.

D – Ok, beh merci beaucoup en tout cas. Au revoir !

I – Oui, au revoir !