

Université Libre de Bruxelles

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

Faculté des Sciences

Master en Sciences et Gestion de l'Environnement

"Analyse du développement photovoltaïque en Région de Bruxelles-Capitale et son potentiel.  
Comment expliquer la dynamique de marché d'installation observée ? "

Mémoire de Fin d'Études présenté par  
AUQUIER, Brigitte  
en vue de l'obtention du grade académique de  
Master en Sciences et Gestion de l'Environnement  
Finalité Gestion de l'Environnement M-ENVIG  
Année Académique : 2018 - 2019

Directeur : Prof. Michel Huart



Dans sa lutte contre le réchauffement climatique, l'UE s'est dotée d'objectifs forts qui ont été traduits dans les législations nationales puis régionales. La Région de Bruxelles-Capitale (RBC) se doit ainsi de produire 92 GWh d'électricité photovoltaïque (PV) en 2020 et 184 GWh en 2030. Fin 2017, elle accusait un retard de 41 et 134 GWh respectivement, qu'elle devra combler d'une manière ou d'une autre si elle veut éviter les amendes ou l'achat de transferts statistiques et contribuer à la lutte contre le changement climatique.

Dans le segment des particuliers, ce sont surtout les propriétaires de maisons individuelles récentes, et ayant un haut niveau d'éducation et de revenus qui investissent dans des panneaux photovoltaïques. On les trouve principalement, mais pas exclusivement, dans les cinq communes du sud-est de la RBC ainsi qu'à Berchem-Sainte-Agathe. Couvrir les toits de toutes les maisons individuelles dans ces communes permettrait d'atteindre les objectifs de la RBC. Étendre le PV aux maisons des autres communes donnerait une plus grande marge de sécurité, et cela sans même prendre en considération le potentiel des entreprises publiques et privées.

Les motivations des particuliers sont avant tout économiques. La facture doit être réduite et l'investissement rentable. Outre le coût d'une installation, les freins sont surtout d'ordre psychologique, liés à la difficulté d'adopter une technologie complexe et non testable. Sans surprise donc, les principaux déterminants dans l'adoption du PV sont les subsides, la communication en générale et l'effet de l'entourage (« peer effect »), alliés à l'effet (négatifs en RBC) de régions voisines (« neighbouring effect »). Ceci est confirmé par l'évolution du PV à Bruxelles et dans d'autres villes de Belgique.

Une analyse des moyens mis en œuvre par les pouvoirs publics pour pousser à l'installation de panneaux photovoltaïques montre que s'ils sont nombreux, ils sont rarement ciblés vers le public le plus enclin à installer du PV. Ils sont par ailleurs forts méconnus et donc peu utilisés. La communication faite par la RBC, quant-à-elle, se veut avant tout un positionnement de BE par rapport à la lutte contre le CC et n'est pas réellement un appel à l'action, sauf peut-être la toute nouvelle carte solaire, trop récente cependant pour avoir déjà eu un impact tangible.

Les pouvoirs publics prétendent que la rentabilité d'une installation est atteinte en sept ans. Avec la fin de la compensation et les nouveaux coefficients multiplicateurs de certificats verts (CV) cependant, ce ne sera plus vrai pour tous. Ainsi les petits consommateurs d'électricité prendront plus de temps à l'atteindre et parfois ne l'atteindront jamais. Ce sont donc les plus gros consommateurs qui sont privilégiés alors que l'UE, comme les États et les Régions visent une baisse des consommations d'énergie. De plus, les propriétaires bailleurs sont mis à l'écart alors qu'ils pourraient générer la moitié des objectifs de la RBC.

Nous recommandons donc d'adapter le mécanisme de soutien pour donner l'accès au PV aux petits consommateurs et aux propriétaires bailleurs et pour en finir avec la mauvaise réputation des CV due à l'éclatement de la bulle dans les Régions voisines. Nous préconisons aussi une action plus ciblée sur les segments porteurs qui, combinée à un soutien actif au « peer effect » par l'identification de quartiers clés et de prosommateurs « éducateurs », permettra de faire tache d'huile et de répandre le PV vers d'autres segments moins réceptifs à cette évolution technologique.

## Note préliminaire

Après 20 années d'expérience commerciale, principalement dans des multinationales, j'ai ressenti le besoin de me réorienter dans une activité beaucoup plus porteuse de sens. Cela m'a conduit à suivre le « Master en Science et Gestion de l'Environnement » proposé par l'ULB.

Cette formation n'a pas seulement été un vrai régal pour ma curiosité, elle m'a aussi permis de trouver rapidement, auprès de Bruxelles Environnement, un travail en lien avec les thèmes abordés.

C'est lors de mon entretien d'embauche que m'est venue l'idée de ce sujet de mémoire. En effet, l'une des personnes qui m'interrogeait a mentionné le fait que Bruxelles Environnement ne semblait pas comprendre pourquoi le photovoltaïque ne décollait pas en Région de Bruxelles-Capitale. Cette question m'a titillée et m'a donné l'envie d'investiguer sur le sujet.

Je souhaite toutefois préciser que le sujet n'a pas été traité à la demande de Bruxelles Environnement, bien que ma démarche les ait intéressés. J'ai donc pu réaliser ce travail en toute indépendance.

Par ailleurs, ce travail n'est pas été en lien direct avec mes activités professionnelles. Il s'agit bien d'une activité réalisée à titre privé en dehors des heures de bureau. Le seul avantage que j'ai pu tirer de cette situation est de pouvoir avoir accès facilement aux connaissances de mes collègues, que je remercie chaleureusement.

## Remerciements

Je remercie donc vivement l'ensemble des professeurs pour avoir rendu ce curriculum si captivant. Bien entendu, je remercie tout particulièrement Monsieur Huart, le promoteur de ce mémoire, pour ses conseils et sa disponibilité tout au long de ce travail.

Mes remerciements vont aussi à mes collègues qui ont mis à ma disposition leur temps et leur savoir. Je pense en particulier et par ordre chronologique à Nathanaël Hance, Quentin Picard, Johann Dumortier, Ilan Wauters, Nicolas Stocké, Julien Doneux, Dirk Steurs, Hélène Dekker et Magali Henrard.

Finalement, je souhaite faire honneur à toutes les personnes contactées ou rencontrées pour la réalisation de ce projet et sans qui il n'aurait pu avoir lieu : Julien Simon de l'ICEDD, Sylvie Lacassagne de Energy Cities, Renaud Tieterickx de Brugel, Jimmy Saudoyer d'Homegrade, Frédéric Hosten de Statbel et Tristan Cuvelier de la Cwape.

## Table des matières

Résumé.....	iii
Note préliminaire .....	iv
Remerciements .....	iv
Liste des tableaux.....	viii
Liste des figures.....	ix
Liste des abréviations.....	x
Mots clés .....	x
Introduction.....	1
Contexte .....	1
Objectif .....	3
Structuration du document.....	3
1. Produit : Description d'un système photovoltaïque .....	5
Introduction .....	5
Schéma de fonctionnement d'un système photovoltaïque.....	5
Technologies existantes et en développement.....	6
Prérequis techniques et productivité.....	6
Durée de vie d'une installation .....	6
Aspects environnementaux.....	6
Limites de ce mémoire .....	6
2. Public : Le marché du photovoltaïque – Profil des utilisateurs.....	7
2.1 État de l'art .....	7
Importance de la segmentation .....	7
Segmentation des « particuliers ».....	7
Segmentation des « entreprises ».....	11
Conclusion .....	12
2.2 Première question de recherche : segmentation du marché du PV en RBC.....	13
Introduction.....	13
Méthode .....	13
Résultats .....	14
Conclusion .....	15
2.3 Seconde question de recherche : la RBC peut-elle atteindre ses objectifs 2020 et 2030 uniquement avec le segment sélectionné ?.....	16
Introduction.....	16

Méthode .....	16
Hypothèses .....	17
Résultats .....	18
Limites de la méthode .....	20
Conclusion .....	20
3. Public - Freins et motivations du public cible.....	21
3.1 État de l'art .....	21
3.2 Troisième question de recherche : freins et motivations des prosommateurs bruxellois ..	21
Motivations.....	21
Freins .....	21
Facteurs d'influence .....	24
Conclusion .....	26
4. Public - Comparaison à d'autres villes.....	28
4.1 État de l'art .....	28
État du développement du photovoltaïque dans le Monde .....	28
État du développement du photovoltaïque en RBC.....	29
Conclusion .....	30
4.2 Quatrième question de recherche : Où se situe Bruxelles par rapport à d'autres villes belges et qu'ont mis en place les bons élèves ? .....	31
Introduction.....	31
Méthode .....	31
Disponibilité des données .....	31
Résultats .....	32
Limites de la méthode .....	39
Conclusion .....	39
5. Promotion : mesures d'accompagnement des candidats acquéreurs.....	41
5.1 État de l'art .....	41
Introduction.....	41
Subsides .....	41
Information et guidance.....	44
Communication .....	45
Conclusion .....	46
5.2 Cinquième question de recherche : Quelle est la pénétration des aides à l'accompagnement des consommateurs ? .....	47
Introduction.....	47

Méthode .....	47
Analyse.....	47
Limites de la méthode .....	55
Conclusion .....	55
6. Prix et rentabilité .....	56
6.1 État de l’art .....	56
Paramètres de rentabilité.....	56
Rentabilité .....	57
Conclusion .....	58
6.2 Sixième question de recherche : La rentabilité est-elle garantie pour tous ? .....	59
Introduction .....	59
Méthode .....	59
Indicateurs de rentabilité d’un investissement.....	59
Considérations techniques .....	60
Hypothèses .....	61
Variables .....	62
Résultats .....	63
Limites de la méthode .....	67
Conclusion .....	68
7. Recommandations.....	69
Conclusions.....	70
Références bibliographiques.....	72
Annexes .....	81
Annexe 1 : Aspects techniques.....	81
Annexe 2 – Caractéristiques sociodémographiques des communes bruxelloises .....	85
Annexe 3 – Questionnaires .....	87
Annexe 4 – Production possible par les segments cibles.....	103
Annexe 5 – Choix des pays à cibler .....	106
Annexe 6 – Statistiques PV en Région Wallonne et à Namur .....	107
Annexe 7 – Prêts bancaires .....	109
Annexe 8 – Carte solaire.....	110
Annexe 9 – Comparaison des simulateurs .....	112
Annexe 10 – Simulations financières .....	114

## Liste des tableaux

TABLEAU 1 :	PART DES ÉNERGIES RENOUVELABLES DANS LA CONSOMMATION FINALE BRUTE D'ÉNERGIE .. 2	
TABLEAU 2 :	PRODUCTION D'ÉNERGIE PRODUITE A PARTIR DE SOURCES RENOUVELABLES EN RBC..... 2	
TABLEAU 3 :	PRODUCTION D'ÉNERGIE PRODUITE A PARTIR DU PHOTOVOLTAÏQUE EN RBC..... 2	
TABLEAU 4 :	NOMBRE D'INSTALLATIONS PAR 1000 HABITANTS EN RBC..... 10	
TABLEAU 5 :	PUISSANCE MOYENNE DES INSTALLATIONS CHEZ LES PARTICULIERS (2012-2016)..... 17	
TABLEAU 6 :	PRODUCTION PHOTOVOLTAÏQUE POTENTIELLE DES MAISONS INDIVIDUELLES EN RBC ..... 18	
TABLEAU 7 :	PRODUCTION PHOTOVOLTAÏQUE POTENTIELLE DES IMMEUBLES DE RAPPORT EN RBC..... 19	
TABLEAU 8 :	PUISSANCE INSTALLEE PAR HABITANT ET PAR VILLE ..... 32	
TABLEAU 9 :	PUISSANCE INSTALLEE PAR M <sup>2</sup> ET PAR VILLE ..... 32	
TABLEAU 10 :	PUISSANCE INSTALLEE PAR SUPERFICIE BATIE DEVOLU A CHAQUE HABITANT ET PAR VILLE .... 33	
TABLEAU 11 :	NOMBRE D'INSTALLATIONS PV PAR RAPPORT AU NOMBRE DE BATIMENTS ET PAR VILLE ..... 33	
TABLEAU 12 :	PUISSANCE INSTALLEE (INFERIEURE A 10 kWc) PAR RAPPORT A LA SUPERFICIE DES MAISONS EN PROPRIETE INDIVIDUELLE ET PAR VILLE..... 34	
TABLEAU 13 :	NOMBRE DE MENAGES DISPOSANT D'UNE INSTALLATION PV ET PAR VILLE..... 34	
TABLEAU 14 :	NOMBRE DE MAISONS DISPOSANT D'UNE INSTALLATION PV ET PAR VILLE..... 35	
TABLEAU 15 :	COMPARAISON SOCIODÉMOGRAPHIQUE DES VILLES..... 36	
TABLEAU 16 :	PLAFOND DES REVENUS POUR L'OBTENTION DU PRÊT VERT BRUXELLOIS ..... 42	
TABLEAU 17 :	TAUX D'OCTROI DES CV..... 42	
TABLEAU 18 :	TAUX D'OCTROI DES CV AVEC NOUVEAUX COEFFICIENTS MULTIPLICATEURS ..... 43	
TABLEAU 19 :	NOMBRE DE DÉCLARATIONS AVEC UN REVENU NET IMPOSABLE <= 40.000 € PAR COMMUNE 47	
TABLEAU 20 :	NOMBRE DE VISITES DES VIDEOS DE LA CAMPAGNE COUPOLE..... 53	
TABLEAU 21 :	NOTORIETE ET SUCCES DES DIFFERENTS PROGRAMMES D'AIDE ..... 54	
TABLEAU 22 :	ÉVOLUTION DES INDICATEURS DE RENTABILITÉ EN FONCTION DE LA PUISSANCE INSTALLÉE (CONSOMMATION ANNUELLE <= 3000 kWh) ..... 63	
TABLEAU 23 :	MOINS-VALUE DU SURDIMENSIONNEMENT POUR LES PETITES CONSOMMATIONS ..... 63	
TABLEAU 24 :	RENTABILITÉ DU PV POUR UNE CONSOMMATION DE 1000 kWh ..... 63	
TABLEAU 25 :	RENTABILITÉ POUR UN PROPRIÉTAIRE BAILLEUR (CONSOMMATION ANNUELLE <= 3000 kWh) 64	
TABLEAU 26 :	GARANTIE DE RENTABILITÉ EN 7 ANS (CONSOMMATION ANNUELLE <= 3000 kWh)..... 64	
TABLEAU 27 :	RENTABILITÉ SANS CV (CONSOMMATION ANNUELLE <= 3000 kWh) ..... 64	
TABLEAU 28 :	RAPPORT GAINS – EMPRUNT (CONSOMMATION ANNUELLE <= 3000 kWh) ..... 65	
TABLEAU 29 :	ÉVOLUTION DES INDICATEURS DE RENTABILITÉ EN FONCTION DE LA PUISSANCE INSTALLÉE POUR LES GRANDES CONSOMMATIONS ..... 65	
TABLEAU 30 :	RENTABILITÉ POUR UN PROPRIÉTAIRE BAILLEUR (GRANDE CONSOMMATION) ..... 65	
TABLEAU 31 :	GARANTIE DE RENTABILITÉ EN 7 ANS (GRANDE CONSOMMATION) ..... 66	
TABLEAU 32 :	RENTABILITÉ SANS CV (GRANDE CONSOMMATION) ..... 66	
TABLEAU 33 :	RAPPORT GAINS – EMPRUNT (GRANDE CONSOMMATION) ..... 66	
TABLEAU 34 :	RENTABILITE EN FONCTION DE LA CONSOMMATION..... 67	
TABLEAU 35 :	<b>REVENU</b> TOTAL NET IMPOSABLE MOYEN PAR DÉCLARATION COMMUNE 2016 (ANNÉE DE REVENUS) 85	
TABLEAU 36 :	<b>AGE</b> MOYEN AU 1 <sup>ER</sup> JANVIER 2016 ..... 85	
TABLEAU 37 :	STRUCTURE PAR <b>ÂGE</b> ET PAR COMMUNE ..... 86	
TABLEAU 38 :	PRODUCTION POTENTIELLE DES MAISONS INDIVIDUELLES OCCUPÉES PAR LEURS PROPRIÉTAIRES..... 103	
TABLEAU 39 :	PRODUCTION POTENTIELLE DES MAISONS INDIVIDUELLES OCCUPÉES PAR UN LOCATAIRE .. 104	
TABLEAU 40 :	PRODUCTION POTENTIELLE DES IMMEUBLES DE RAPPORT ..... 105	
TABLEAU 41 :	PRODUCTION POTENTIELLE DE SOLAR CLICK..... 105	

TABLEAU 42 :	PUISSANCE PHOTOVOLTAÏQUE PAR HABITANT DES DIFFERENTS PAYS DE L'UE EN 2016 (Wc/HAB) 106
TABLEAU 43 :	PUISSANCE PHOTOVOLTAÏQUE DES DIFFERENTS DES PAYS NON EUROPEENS AYANT UNE PLUS GARDE PUISSANCE INSTALLEE QUE LA BELGIQUE ..... 106
TABLEAU 44 :	PUISSANCE INSTALLÉE PAR HABITANT EN BELGIQUE ..... 106
TABLEAU 45 :	ÉVOLUTION DU NOMBRE D'INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUE ET DE LA PUISSANCE INSTALLÉE À NAMUR (2008 – 2017) ..... 107
TABLEAU 46 :	ÉVOLUTION DU NOMBRE D'INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUE ET DE LA PUISSANCE INSTALLÉE EN RÉGION WALLONNE (2008 – 2017) ..... 108

## Liste des figures

FIGURE 1 :	CONSOMMATION MONDIALE D'ÉNERGIE PRIMAIRE ..... 1
FIGURE 2 :	SCHEMA DE FONCTIONNEMENT D'UNE INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE ..... 5
FIGURE 3 :	DISTRIBUTION SPATIALE DES INSTALLATIONS PV EN FLANDRE ..... 8
FIGURE 4 :	NOMBRE D'INSTALLATIONS PV ET DENSITÉ PAR 1000 HABITANTS EN RBC ..... 11
FIGURE 5 :	EVOLUTION DES PUISSANCES INSTALLÉES EN RBC ENTRE 2007 ET 2017 ..... 24
FIGURE 6 :	EVOLUTION OF GLOBAL TOTAL SOLAR PV INSTALLED CAPACITY 2000-2017 ..... 28
FIGURE 7 :	ÉVOLUTION DES PUISSANCES INSTALLÉES ANNUELLEMENT ..... 29
FIGURE 8 :	DENSITÉ DE PUISSANCE PAR 1000 HABITANTS DES PAYS DE L'UE ET DES TROIS RÉGIONS BELGES 29
FIGURE 9 :	PUISSANCE INSTALLEE ADDITIONNELLE A COURTRAI ..... 36
FIGURE 10 :	PUISSANCE INSTALLEE ADDITIONNELLE A ANVERS ..... 36
FIGURE 11 :	PUISSANCE INSTALLEE ADDITIONNELLE A GAND ..... 36
FIGURE 12 :	NOMBRE D'INSTALLATIONS ADDITIONNELLES (<10kWc) À COURTRAI ..... 37
FIGURE 13 :	NOMBRE D'INSTALLATIONS ADDITIONNELLES (<10kWc) À ANVERS ..... 37
FIGURE 14 :	NOMBRE D'INSTALLATIONS ADDITIONNELLES (<10kWc) À GAND ..... 37
FIGURE 15 :	NOMBRE D'INSTALLATIONS ADDITIONNELLES (< 10 kVA) À NAMUR (2008 – 2017) ..... 38
FIGURE 16 :	ÉVOLUTION DU NOMBRE DE CV VENDUS ET DU PRIX DES CV ..... 43
FIGURE 17 :	RÉPARTITION DES TYPES DE REVENUS POUR LES PERSONNES AYANT BÉNÉFICIÉ D'UN PRÊT VERT BRUXELLOIS ..... 48
FIGURE 18 :	ÉVOLUTION DES DEMANDES AUPRÈS DU FACILITATEUR DU BÂTIMENT DURABLE ..... 51
FIGURE 19 :	CARTES DES BENEFICIAIRES DU RH ET DES COMMUNES FAVORABLES AU PV ..... 51
FIGURE 20 :	RENTABILITÉ D'UN SYSTÈME PHOTOVOLTAÏQUE ..... 57
FIGURE 21 :	SCHÉMA DES PROFILS DE PUISSANCE DE LA PRODUCTION PV SUR SITE ET DE LA CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ ..... 60
FIGURE 22 :	FACTEURS DE CORRECTION EN FONCTION DE L'INCLINAISON ET DE L'ORIENTAITON ..... 83
FIGURE 23 :	PART DE LA POPULATION DE 20 ANS ET PLUS AYANT UN <b>DIPLÔME</b> DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ..... 85
FIGURE 24 :	LOGEMENTS OCCUPÉS PAR LEUR <b>PROPRIÉTAIRE</b> ..... 85
FIGURE 25 :	ÉVOLUTION DU NOMBRE DE NOUVELLES INSTALLATIONS À NAMUR (2008 – 2017) ..... 107
FIGURE 26 :	ÉVOLUTION DE LA PUISSANCE INSTALLÉE À NAMUR (2008 – 2017) ..... 107
FIGURE 27 :	ÉVOLUTION DU NOMBRE DE NOUVELLES INSTALLATIONS EN RÉGION WALLONNE (2008 – 2017) 108
FIGURE 28 :	ÉVOLUTION DE LA PUISSANCE INSTALLÉE EN RÉFION WALLONNE (2008 – 2017) ..... 108

## Liste des abréviations

ADEME	Agence française de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
APERe	Association pour la Promotion des Énergies Renouvelables
BE	Bruxelles Environnement
CC	Changement climatique
CV	Certificats verts
EDRLR	Espace de Développement Renforcé du Logement et de la Rénovation
EF4	Énergie Facteur 4
FDB	Facilitateur du bâtiment durable
FAC	Financement Agricole Canada
FDL	Fonds du logement
ICEDD	Institut de Conseil et d'Études en Développement Durable
ISE	Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems
PV	Photovoltaïque
RBC	Région de Bruxelles-Capitale
UE	Union Européenne
Wc	Watt-crête. Indique la puissance d'une installation
Wh	Watt-heure. Indique la production d'électricité par ladite installation

## Mots clés

Photovoltaïque, Bruxelles, adoption, développement, diffusion, segmentation, profil, motivation, frein, influence, comparaison, ville, commune, accompagnement, subside, communication, rentabilité.

### Contexte

#### LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

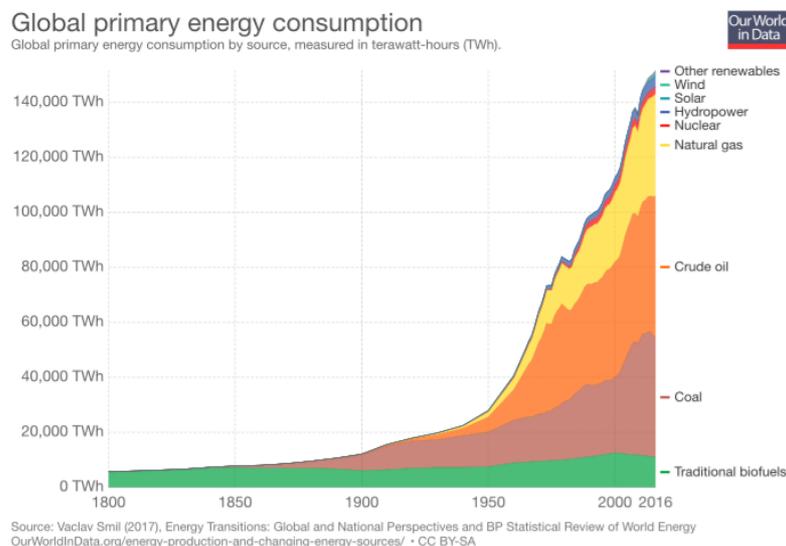
Dès la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle et l'avènement de la révolution industrielle, les rapports entre l'homme et la nature se sont profondément transformés. Alors que l'on croyait cette dernière immuable, au moins à l'échelle de l'homme, et insensible à son action, il s'est avéré que ce n'était pas le cas.

#### Consommation d'énergie et émission de gaz à effet de serre

En passant d'une énergie somatique, basée sur la force musculaire des hommes et des animaux, à une énergie exo-somatique qui repose sur la mécanisation et la combustion des énergies fossiles, l'homme a déversé de plus en plus de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.

L'impact de l'homme s'est fait plus marquant encore à partir des années 50. Parmi les facteurs qui ont accentué cette tendance, citons la périurbanisation comme rempart au communisme et son pendant « le tout à la voiture », le développement de l'aviation commerciale, la consommation de masse et l'agriculture chimique intensive comme débouché pour les surplus de guerre et sous la pression des industriels concernés... Cela a imposé des besoins en énergie fossile toujours plus grands (Bonneuil et al., 2013).

FIGURE 1 : CONSOMMATION MONDIALE D'ÉNERGIE PRIMAIRE



Source : Our World in Data

#### Hausse de la température

L'augmentation des émissions de GES d'origine anthropique, et en particulier du CO<sub>2</sub>, a eu pour conséquence l'augmentation de la température moyenne de l'atmosphère et son corollaire d'effets secondaires : fonte des calottes polaires et des glaciers, augmentation du niveau des océans, acidification de ceux-ci, baisse ou hausse des précipitations selon les endroits, désertification, événements climatiques violents de plus en plus fréquents,...

Ces perturbations entraînent, et entraîneront plus encore à l'avenir, de gros impacts pour l'homme tels que des risques accrus de pénuries en eau potable et une diminution de la production

alimentaire ; un accroissement des problèmes de santé liés à la malnutrition, la qualité de l'air, ou la plus grande survenance d'événements climatiques extrêmes ; des dégâts aux infrastructures par l'érosion côtière ou les cyclones... Des populations seront contraintes d'abandonner leurs territoires et de migrer vers des régions plus clémentes. Tout ceci sera source de tensions qui seront elles-mêmes une menace pour l'activité économique et la sécurité, réduisant ainsi les capacités de développement et le bien-être des populations (Hannon, 2018).

### Réponses institutionnelles

Pour répondre à cet immense défi qu'est le réchauffement climatique, la « Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques » est signée lors du « Sommet de la Terre » à Rio en 1992, puis ratifiée par 197 parties. Elle est suivie d'une série de conférence des parties (COP) qui déterminent les engagements de chaque nation.

### OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES EN RBC

Dans le cadre des accords internationaux, et en tant que 3<sup>ème</sup> émetteur mondial de GES (Our World in Data, 2018), l'Europe s'est dotée d'objectifs ambitieux aux horizons 2020 et 2030 sur les 3 critères suivants:

- La réduction des émissions de gaz à effet de serre
- L'amélioration de l'efficacité énergétique
- L'augmentation de la part des énergies renouvelables.

Ces objectifs ont ensuite été transposés dans les législations nationales puis régionales dans le cas de la Belgique via le « Burden Sharing agreement ». Nous ne reprendrons ici que les objectifs relatifs aux énergies renouvelables, et plus spécifiquement au photovoltaïque.

TABLEAU 1 : PART DES ÉNERGIES RENOUVELABLES DANS LA CONSOMMATION FINALE BRUTE D'ÉNERGIE

	2020	2030
Europe	20%	32% <sup>1</sup>
Belgique	13%	21% <sup>2</sup>

Source : Journal Officiel de l'UE, Renouvelable, BE

TABLEAU 2 : PRODUCTION D'ÉNERGIE PRODUITE À PARTIR DE SOURCES RENOUVELABLES EN RBC

RBC	0,073 Mtep ou 849 GWh	1.000 GWh
-----	-----------------------	-----------

Source : Moniteur Belge, PNEC 2030 (partie RBC)

TABLEAU 3 : PRODUCTION D'ÉNERGIE PRODUITE À PARTIR DU PHOTOVOLTAÏQUE EN RBC

RBC	92 GWh	185 GWh
-----	--------	---------

Source : Bruxelles Environnement

<sup>1</sup> Initialement prévu à 27%, l'objectif européen pour 2030 a été revu à la hausse par le Parlement Européen et le Conseil en juin 2018 avec une clause de révision à la hausse d'ici 2023. Il doit encore être approuvé par les états membres.

<sup>2</sup> Les données en italique sont issues du projet de PNEC 2030 (partie RBC) qui doit encore être avalisé par la Belgique et l'UE.

En 2017, la Région de Bruxelles-Capitale a produit 51 GWh d'électricité grâce à l'énergie photovoltaïque (Apere, 2018). Il lui reste donc un écart de 41 GWh à combler d'ici 2020 et 134 GWh d'ici 2030.

Selon ses propres projections, la RBC ne sera pas en mesure d'atteindre ses objectifs. Si c'est le cas, elle devra soit payer une amende, soit recourir à l'achat de statistiques dont les implications budgétaires ne sont pas encore connues. Par ailleurs BE peine à comprendre le manque de développement du photovoltaïque à Bruxelles.

## Objectif

Ce mémoire se propose donc d'essayer de saisir les raisons sous-jacentes à ce faible développement et tentera de proposer quelques pistes de réflexion.

## Structuration du document

A la manière d'une entreprise commerciale, la RBC a donc un objectif de « vente » à réaliser, même si la vente est indirecte, avec un produit précis pour un public cible précis. Nous structurerons donc notre recherche selon les « 4 P » du marketing mix, éléments indispensables d'une bonne stratégie commerciale : Produit, Place (le marché), Promotion (publicité au sens large) et Prix.

Ce choix de structure est apparu comme une évidence à la lecture des études scientifiques qui ont précédé ce travail. Si certains des aspects mentionnés ci-dessous ont été traités dans la littérature analysée, aucune étude ne traite de l'ensemble de ces thèmes simultanément. Il nous a donc semblé utile de prendre cette approche innovante pour traiter d'un sujet à l'ancrage très local.

La démarche scientifique voudrait que l'état de l'art précède les questions de recherche et les réponses qui y sont apportées. Dans un souci de lisibilité et de cohérence, les 4 parties seront cependant traitées séparément. Elles auront toutes leur état de l'art et d'éventuelles questions de recherche auxquelles il sera répondu directement.

Dans le premier chapitre, dédié au « **produit** », nous verrons le fonctionnement d'un système photovoltaïque, les technologies existantes et les paramètres influençant la productivité<sup>3</sup> d'une installation. Cela nous permettra de définir le périmètre de ce travail.

La RBC n'étant pas à proprement parler une entreprise, certaines libertés ont été prises quant à la définition de « **place** ». Il s'agit en principe du réseau de distribution des produits vers le marché. La RBC n'ayant pas de réseau de distribution propre, nous nous concentrerons ici sur les caractéristiques du marché lui-même. Cette partie étant assez imposante, elle sera divisée en 3 sous-thèmes. Dans un premier temps, nous nous intéresserons à ceux qui investissent dans le photovoltaïque et tenterons de déterminer le profil des utilisateurs les plus susceptibles d'en installer. Nous évaluerons si, à eux seuls, ils pourraient couvrir les objectifs régionaux. Ce sera l'objet du 2<sup>ème</sup> chapitre.

Ensuite, afin de comprendre comment profiter au maximum du potentiel photovoltaïque de ces segments porteurs, nous essayerons, dans le 3<sup>ème</sup> chapitre, d'en saisir les freins et les motivations ainsi que les facteurs pouvant influencer leur décision d'achat.

---

<sup>3</sup> Les définitions de productivité et de rendement sont données en p 61.

Puis, au chapitre 4, nous ferons un petit détour par d'autres villes pour savoir si, indépendamment des objectifs à atteindre, Bruxelles est en retard ou non dans le développement du photovoltaïque et quelles actions les « bons élèves » auraient éventuellement mises en place.

Dans le chapitre 5, consacré à la « **promotion** », nous analyserons l'adéquation entre les programmes de promotion du photovoltaïque par les pouvoirs publics d'une part, et les segments clés et facteurs d'influence identifiés précédemment, d'autre part.

Enfin, au chapitre 6 sur les « **prix** », nous verrons si la promesse de rentabilité avancée par les installateurs et les acteurs publics du marché PV est au rendez-vous pour tous et si les subsides sont correctement ajustés pour permettre un déploiement maximal du PV en RBC.

Nous terminerons, au chapitre 7, par quelques recommandations que nous espérons pertinentes.

## 1. Produit : Description d'un système photovoltaïque

### INTRODUCTION

Dans ce chapitre nous allons décrire le fonctionnement d'un système photovoltaïque. Nous passerons en revue ses différentes composantes, l'état des technologies, les éléments influençant leur productivité et l'impact environnemental d'un tel système.

Ce chapitre se veut avant tout informatif et permet d'aborder de manière plus éclairée les chapitres qui vont suivre et qui déboucheront sur nos questions de recherche.

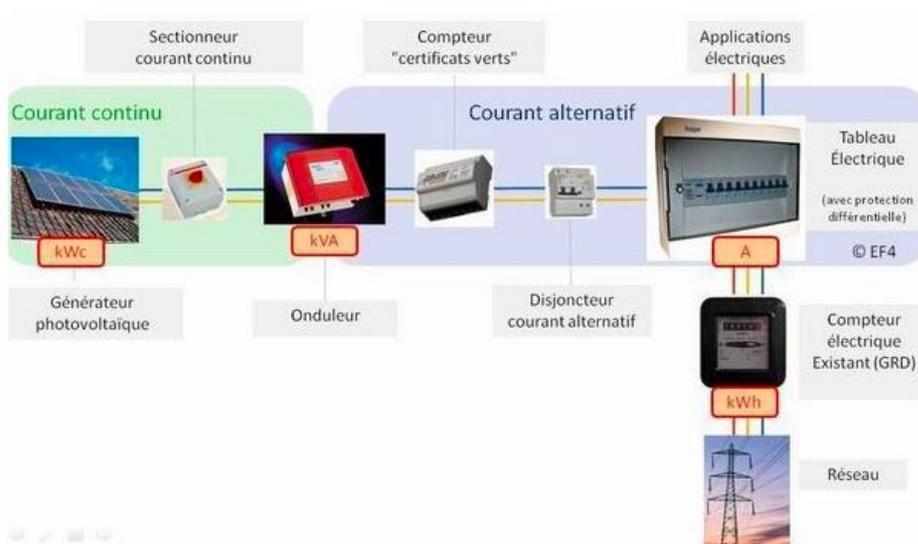
Les éléments mentionnés ci-dessous et qui seront nécessaires aux questions de recherche seront repris lors du traitement de celles-ci.

Les technologies considérées évoluant sans cesse, il est difficile de trouver des études scientifiques qui présentent des informations encore à jour. Les sources grises ont donc été d'un grand apport pour la rédaction de ce chapitre.

### SCHEMA DE FONCTIONNEMENT D'UN SYSTÈME PHOTOVOLTAÏQUE

« L'effet photovoltaïque est obtenu par absorption des photons dans un matériau semi-conducteur qui génère alors une tension électrique. Les cellules photovoltaïques produisent du courant continu à partir du rayonnement solaire, qui peut être utilisé pour alimenter un appareil ou recharger une batterie. » (EF4)

FIGURE 2 : SCHEMA DE FONCTIONNEMENT D'UNE INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE



Source : EF4

Le courant continu ainsi produit est transformé par un onduleur en courant alternatif, compatible avec le réseau et aux principales applications électriques. Un premier compteur mesure la quantité d'électricité produite pour calculer le nombre de certificats verts auxquels le producteur a droit. Cette électricité est ensuite raccordée au tableau électrique et peut être consommée par les appareils électriques du logement. Le surplus est éventuellement injecté et revendu sur le réseau. Un deuxième compteur mesure la quantité d'électricité prélevée sur le réseau, quand la production domestique ne suffit pas, ou réinjectée sur celui-ci en période de pic de production.

## TECHNOLOGIES EXISTANTES ET EN DÉVELOPPEMENT

La présentation des différentes technologies est proposée en annexe 1 « Aspects techniques ». Retenons seulement que les cellules photovoltaïques peuvent être en silicium mono ou poly cristallin, ou en couches minces. Elles sont le plus souvent agencées en panneaux, mais il existe aussi des tuiles et des ballons photovoltaïques ainsi que des modules verre-verre. Les structures sont fixes, orientables ou mobiles et peuvent être superposées aux toits ou intégrées dans celui-ci ou en façade.

## PRÉREQUIS TECHNIQUES ET PRODUCTIVITÉ

Cette partie également est détaillée en annexe 1 « Aspects techniques ». Notons qu'une toiture doit être correctement isolée avant l'installation des panneaux, surtout si l'isolation ne peut se faire que par l'extérieur, comme c'est le cas des toits plats. La productivité d'une installation sera conditionnée à son inclinaison et son orientation, l'optimum étant obtenu à 35° sud, ainsi qu'à l'ombrage qu'il subit.

## DURÉE DE VIE D'UNE INSTALLATION

La durée de vie des panneaux en silicium cristallin se situe entre 25 et 30 ans (MTES<sup>4</sup>). La plupart des constructeurs la garantissent pour 25 ans (DVN, 2017). Cependant, après 10 ans, la productivité commence à baisser de 10 % et après 20 ans de 20% (Quelle Énergie, 2015). Au-delà de la durée de garantie, les réparations deviennent onéreuses. L'onduleur, plus fragile, a une durée de vie située entre 8 et 12 ans selon Quelle Énergie (2015) et de 10 ans selon Renouvelle (2015).

## ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX

Si l'utilisation d'une installation photovoltaïque est non polluante, ce n'est pas le cas de la fabrication des différents éléments qui la composent. Le temps de retour énergétique est le nombre d'années nécessaires pour que la production d'énergie à partir de l'installation PV compense celle qui a été consommée pendant la fabrication de ses constituants. Une étude réalisée par Hespul a montré qu'il variait entre 19 et 40 mois pour un système sur toiture, en fonction de l'irradiation solaire reçue (Qualiwatt). Le Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE (2018) donne une durée moyenne de 2,5 ans pour l'Europe du Nord. C'est donc bien moins que la durée de vie de l'installation.

Par ailleurs, d'après l'étude d'Hespul, « *En fonction du « mix » de production d'énergie pour chaque pays, une installation de 3 kWc de panneaux photovoltaïques peut éviter jusqu'à 25 tonnes d'émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) durant l'entièreté de sa vie commerciale pour une installation sur toiture* ». (Qualiwatt.be)

## LIMITES DE CE MÉMOIRE

Nous avons vu que le concept « photovoltaïque » recouvre une série de technologies différentes, tant pour les cellules et les modules que pour les structures et poses. Dans la suite de cet ouvrage, et en particulier pour la partie rentabilité, nous nous concentrerons sur les panneaux, mono et poly-cristallins, fixes, de moins de 10 kWc et posés sur toiture.

Nous négligerons les autres technologies, de même que le stockage en batterie qui n'est pas encore assez rentable.

---

<sup>4</sup> Ministère de la Transition Écologique et Solidaire (France)

## 2. Public : Le marché du photovoltaïque – Profil des utilisateurs

### 2.1 État de l'art

#### IMPORTANCE DE LA SEGMENTATION

Avant de tenter de comprendre les freins au déploiement du photovoltaïque et les leviers d'action possibles, il est important de segmenter le marché des acheteurs potentiels en fonction de leurs profils et contraintes. Il est vraisemblable que ces différents segments auront des motivations et des comportements d'achat variés et que les réponses à apporter pour lever les freins seront différentes.

Différentes classifications des utilisateurs sont possibles, selon les caractéristiques sociodémographiques, urbanistiques ou géographiques, pour ne citer qu'elles. Nous allons les parcourir ici.

#### SEGMENTATION DES « PARTICULIERS »

En RBC, bien que les entreprises représentent 82% de la puissance installée en 2017, ce sont les particuliers qui ont installés le plus de systèmes PV (Aperre, 2018).

##### Caractéristiques sociodémographiques

Le profil socio-économique ou sectoriel des utilisateurs de panneaux photovoltaïques en RBC est peu connu. Le sujet est très récent et très localisé. Ainsi, aucune étude scientifique ne semble s'être encore penchée sur la question.

La revue de la littérature nous permet cependant de tirer certains enseignements d'études réalisées sur des marchés similaires. Ainsi il ressort d'une étude menée auprès des ménages néerlandais et allemands que ce sont surtout les couches de la population les plus **éduquées** et celles qui ont les plus hauts **revenus** qui sont le plus susceptibles d'installer du PV (Vasseur et al., 2015) (Schaffer et al., 2015) (Dharshing, 2016).

Une étude faite en Flandre indique que ce n'est pas tant le revenu lui-même, mais plutôt ce qu'il permet qui influence la propension à installer du PV : l'accès à la propriété, la capacité à acquérir des maisons plus propices à l'installation des panneaux et une consommation plus grande qui induit des bénéfices tirés des subsides publics plus grands. Le revenu et le niveau d'éducation ont eu un effet sur l'adoption du PV surtout pendant la période subsidiée par les pouvoirs publics. Cela est probablement dû au fait que ce groupe est plus vite informé des subsides existants (De Groote et al., 2016).

La corrélation entre la conscience **environnementale** et l'adoption de PV n'est, par contre, pas établie. Pour certains elle existe, surtout quand les installations ne sont plus subsidiées (De Groote et al., 2016), pour d'autres pas (Schelly, 2014) (Schaffer, 2015) (Dharshing, 2016) puisque cette conscience existe aussi chez les « non-adopters » (Vasseur et al., 2015).

La catégorie d'**âge** la plus représentée parmi les adoptants de PV aux Pays-Bas est la tranche 50-59 ans (Vasseur et al., 2015). En Flandre, il s'agit plutôt de la tranche 34-44 ans suivie par la tranche 25-34 ans, celles qui rénovent le plus les maisons. Le fait que les tranches les plus âgées soient sous-représentées indique peut-être un moindre intérêt pour le changement climatique ou pour la technologie. Les personnes concernées pourraient également estimer ne plus vivre suffisamment

longtemps pour profiter des bénéfices liés à cet investissement (De Groot et al., 2016). Il reste difficile de tirer des conclusions pour la tranche 60-79 ans, par contre il est clair que les moins de 20 ans ne sont pas candidats (Dharshing, 2017). A Bruxelles, les chiffres sont plus proches de ceux obtenus aux Pays-Bas. En effet, plus de 81% des propriétaires ayant répondu à l'enquête proposée par Brugel ont au moins 46 ans. (Cielen, 2018)

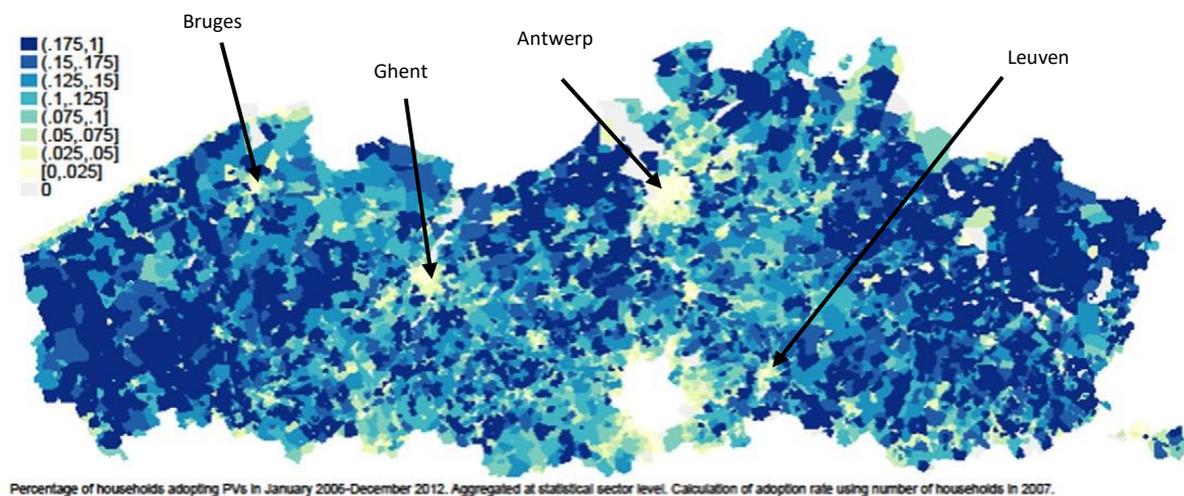
La **taille des ménages** les plus enclins à adopter du PV est de 2 personnes selon Vasseur (et al., 2015). Cette analyse est partiellement invalidée par De Groot (et al., 2016), pour qui cette taille vient en seconde position après les ménages de 3-4 individus aux consommations électriques plus importantes.

En Flandre, la catégorie **professionnelle** la plus représentée est celle des agents du secteur public devant les « white collars ». Viennent ensuite les « blue collars » et finalement les indépendants (De Groot et al., 2016)

La **nationalité** semble également être un facteur d'influence, les Belges étant les plus motivés, en Flandre en tout cas (De Groot et al., 2016).

On constate que plus la **densité de population** est grande, moins il y a d'installations PV. Ceci s'explique par le fait qu'en milieu urbain, il y a moins de surface de toit disponible pour installer du PV (De Groot et al., 2016). La figure suivante montre en effet des taches blanches à l'endroit des villes.

FIGURE 3 : DISTRIBUTION SPATIALE DES INSTALLATIONS PV EN FLANDRE



Source : De Groot et al. 2016

De récents mémoires réalisés ces dernières années sur le PV en RBC semblent confirmer ces analyses. Selon Cielen (2018), 68% des utilisateurs de PV ayant répondu à son enquête sur la fin de la compensation ont un diplôme supérieur de type long. Pour Baras (2015), la densité de population, l'âge, la nationalité et le revenu ont une grande influence sur l'adoption du PV. Par contre la conscience environnementale, identifiée par affiliation politique au parti écolo, y est négativement corrélée.

## Caractéristiques urbanistiques

Ce sont surtout les **maisons individuelles**, aussi bien (semi) fermées qu'ouvertes qui sont équipées de PV, alors que les appartements le sont peu (Vasseur et al., 2015) (De Groote et al., 2016).

Le taux de déploiement du PV augmente avec la **valeur du bien** jusqu'à un certain point, où il diminue ensuite probablement pour des raisons esthétiques considérées comme un frein pour les maisons de haut standing (De Groote et al., 2016).

L'**âge du bien** a un effet négatif sur le taux de pénétration du PV, les maisons les plus anciennes étant les moins équipées (De Groote et al., 2016).

La probabilité d'installer du PV augmente avec la **taille du bien**. En effet, un grand bien dispose de plus de surfaces de toit correctement orientées pour pouvoir installer un système PV qui peut couvrir les besoins du ménage (De Groote et al., 2016).

La **qualité du toit** a un impact positif sur l'adoption du PV alors que l'**isolation** du toit ne semble pas en avoir (De Groote et al., 2016).

## Régime de propriété

Ce sont principalement les **propriétaires** plutôt que les locataires qui installent des panneaux (Vasseur et al., 2015 ; Schaffer, 2015 ; De Groote et al., 2016).

Un premier facteur explicatif peut être la stabilité moyenne des locataires. Celle-ci oscille entre 5 ans et 10 mois et tend à baisser (SLRB 2017). Dans ces conditions, il est peu vraisemblable qu'un locataire soit prêt à installer du PV alors que la durée de retour sur investissement est de 7 ans dans la situation idéale<sup>5</sup>. Seuls 25 % environ des locataires occupent leur logement depuis plus de 7 ans (SLRB 2017 p.60). Une autre étude menée en France en 2010 par Opinionway (La Dépêche, 2010) corrobore cette instabilité des locataires, qui déménagent en moyenne tous les 6 ans, et des propriétaires tous les 15 ans.

Un autre facteur explicatif est le niveau de revenu des locataires (voir classification socio-économique). En effet, 31% des locataires bruxellois n'ont pas de revenu du travail. Ils sont étudiants (3%), pensionnés (9%) ou allocataires sociaux (19%) (SLRB, 2017).

En RBC, 61% des logements ne sont pas occupés par leur propriétaire (Census 2011). Il existe cependant des disparités entre communes. Ainsi 5 communes ont une proportion de locataires inférieure à 50% : WSP, Auderghem, Watermael-Boitsfort, Uccle et Berchem-Sainte-Agathe.

Parmi les propriétaires, il faut encore distinguer les propriétaires de biens individuels des propriétaires de biens en copropriété. Pour ces derniers, le chemin vers le photovoltaïque est plus long étant donné qu'il faut d'abord convaincre les autres copropriétaires de leur donner accès, gratuitement ou non, au toit. Cela implique de bons rapports entre voisins et une définition claire des droits et devoirs de chacun (voir freins). Il se peut aussi que la copropriété doive d'abord investir dans la réfection et l'isolation du toit, ce qui rend les choses encore plus complexes.

A Bruxelles, l'importance du régime de propriété semble avérée (Baras 2015, p72).

---

<sup>5</sup> Selon l'Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale du 17 décembre 2015 relatif à la promotion de l'électricité verte, Brugel a l'obligation d'adapter ses coefficients multiplicateurs pour la tarification des CV afin de garantir un temps de retour sur investissement de 7 ans, dans une configuration précise (voir chapitre 6).

## Caractéristiques géographiques

Au niveau de la densité des installations, ce sont dans les communes du sud-est de Bruxelles ainsi qu'à Berchem-Sainte-Agathe que les particuliers sont le plus enclin à installer des panneaux photovoltaïques. Ces communes sont surtout dominées par les installations des particuliers.

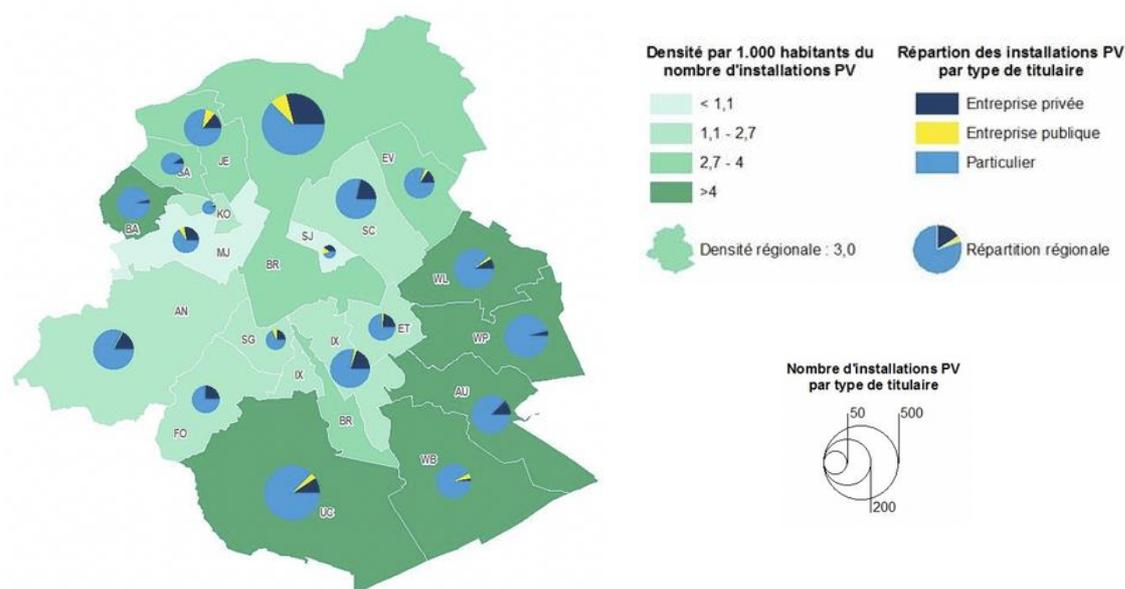
TABEAU 4 : NOMBRE D'INSTALLATIONS PAR 1000 HABITANTS EN RBC

Communes	Population 01/01/2016	# installations chez particuliers	# installations par 1000 habitants	Classement
WATERMAEL-BOITSFORT	24 619	158	6,42	1
WOLUWE-SAINT-PIERRE	41 207	255	6,19	2
BERCHEM-SAINTE-AGATHE	24 224	148	6,11	3
AUDERGHEM	33 161	186	5,61	4
UCCLE	81 944	378	4,61	5
WOLUWE-SAINT-LAMBERT	54 311	206	3,79	6
JETTE	51 426	156	3,03	7
GANSHOREN	24 269	68	2,80	8
EVERE	39 556	110	2,78	9
IXELLES	85 541	173	2,02	10
BRUXELLES	178 552	345	1,93	11
ETTERBEEK	47 180	78	1,65	12
ANDERLECHT	117 412	192	1,64	13
FOREST	55 613	81	1,46	14
SCHAERBEEK	132 590	187	1,41	15
KOEKELBERG	21 638	22	1,02	16
SAINT-GILLES	50 659	41	0,81	17
MOLENBEEK-SAINT-JEAN	96 586	65	0,67	18
SAINT-JOSSE-TEN-NOODE	27 402	11	0,40	19
<b>TOTAL</b>	<b>1 187 890</b>	<b>2 860</b>		

Sources : Brugel 2018

La figure suivante nous montre la densité d'installations par commune et leur répartition par type de titulaire.

FIGURE 4 : NOMBRE D'INSTALLATIONS PV ET DENSITÉ PAR 1000 HABITANTS EN RBC



Source : Brugel 2018, *Étude d'initiative, relatif au parc photovoltaïque en Région de Bruxelles-Capitale – 2016*

Si l'on croise les données des particuliers avec les statistiques régionales, on note que ces six communes sont parmi celles qui avaient les revenus les plus élevés en 2016 (Ibsa, 2018) ainsi que le niveau d'éducation le plus élevé, avec un taux de diplômés de l'enseignement supérieur à 47%, exception faite de Berchem qui, avec 30,7%, est légèrement en dessous de la moyenne Bruxelloise (Census 2011). Ces communes ont aussi la population dont l'âge moyen était le plus élevé en 2016 (Ibsa 2018) et dont la classe d'âge de 40 et plus est surreprésentée (Ibsa, 2008). Finalement, ce sont aussi celles qui ont les proportions de locataires les plus faibles (Census 2011)<sup>6</sup>. Ces éléments viennent donc corroborer les constats faits par la littérature scientifique sur le profil socio-économique des titulaires.

Ce sont aussi des communes de la ceinture extérieure de Bruxelles qui se sont développées plus tardivement et qui ont donc avec un bâti plus récent.

## SEGMENTATION DES « ENTREPRISES »

A Bruxelles, Brugel distingue 2 autres catégories d'acheteurs: les entreprises publiques et les entreprises privées.

Pour répondre à son objectif d'exemplarité (COBRACE<sup>7</sup>), la RBC a mis sur pied le programme « **Solar Click** » à destination des pouvoirs publics. Il s'agit d'un programme dans lequel Bruxelles-Environnement (BE), en partenariat avec Sibelga, installe à ses frais des panneaux solaires sur les toits des édifices publics (régionaux et communaux). L'électricité ainsi produite est fournie gratuitement aux administrations installées dans les bâtiments concernés, en échange de l'accès gratuit à leur toiture. BE récupère son investissement grâce aux CV.

<sup>6</sup> Les détails statistiques sont repris à l'annexe 2.

<sup>7</sup> Le Cobrace est l'Ordonnance portant le Code bruxellois de l'Air, du Climat et de la Maîtrise de l'Énergie

Entre 2017 et 2020, il est prévu d'installer 85.000 m<sup>2</sup> de panneaux PV sur environ 150 bâtiments publics. Le projet étant bien cadré et panifié, nous avons choisi de ne pas investiguer plus loin le segment des entreprises publiques.

En RBC, ce sont les entreprises privées qui tirent le marché en termes de puissance installée, loin devant les particuliers et les entreprises publiques. Les entreprises privées se caractérisent par le fait de posséder un numéro de TVA. Cette catégorie regroupe donc aussi bien des petits indépendants avec leur bureau dans leur maison, que les grandes entreprises. Malheureusement, dans les documents qu'elle publie, Brugel ne dit rien de la répartition de ces entreprises entre les bureaux, commerce et industrie.

## CONCLUSION

La littérature scientifique, corroborée par la littérature grise, nous permet de faire ressortir un grand segment porteur:

- les particuliers propriétaires d'une habitation individuelle dans les communes dont le revenu, le niveau d'éducation et la moyenne d'âge sont les plus élevés, et où les habitations sont les plus récentes et les plus grandes, c'est-à-dire : WSL, WSP, Auderghem, Watermael-Boitsfort, Uccle et Berchem-Sainte-Agathe.

Ayant cependant peu d'informations concrètes sur les profils des particuliers à Bruxelles et aucune sur le profil des entreprises, nous allons interroger les acteurs du marchés pour savoir s'ils confirment ce qui précède et s'ils ont des informations plus précises sur les entreprises. Ce sera notre 1ère **question de recherche**.

## 2.2 Première question de recherche : segmentation du marché du PV en RBC

### INTRODUCTION

Nous venons de voir l'importance de la segmentation pour définir une stratégie « marketing ». Les différents segments ayant des intérêts et des besoins différents, il y aura lieu de s'adresser à eux de manière ciblée pour les pousser à adopter le PV et surtout de prioriser les efforts sur les segments les plus réceptifs au PV.

Or, bien que la revue de la littérature nous donne une bonne idée du profil des adoptants résidentiels en Flandre et dans les pays limitrophes, nous n'avons que peu d'info sur celui des Bruxellois. De plus nous ne disposons d'aucune donnée concernant les entreprises privées. Nous allons donc tenter d'en trouver plus.

### MÉTHODE

Pour obtenir ces données additionnelles, nous avons interrogé les acteurs régionaux du marché du photovoltaïque : Bruxelles Environnement, Homegrade et Brugel. Nous n'avons malheureusement pas eu de retour du tiers-investisseur privé Brussels Energy.

Brugel a été choisie car il s'agit de l'organisme qui certifie les installations et qui jusqu'au 30 novembre octroyait les CV. Elle est donc en contact avec les prosommateurs<sup>8</sup> et devrait avoir une vue assez précise de leur profil. Nous y avons contacté Mr Renaud Tieterickx, assistant dans le service « énergies renouvelables ». Étant donné son emploi du temps chargé, une entrevue n'a pas été possible. Il a toutefois eu l'amabilité de répondre à un questionnaire directif.

Homegrade est l'organisme qui accompagne les particuliers dans leur démarche de descente énergétique. Nous y avons contacté Jimmy Saudoyer, conseiller énergie et spécialiste du PV.

Bruxelles Environnement est l'administration publique qui a la responsabilité du développement du PV en RBC et de l'atteinte des objectifs en la matière. C'est elle qui a octroyés les primes PV jusqu'en 2009. Nous y avons interrogé Nathanaël Hance, chef de département « Accompagnement des particuliers » dans la division « Énergie » et Dirk Steurs, responsable de la communication pour les départements « Accompagnement des professionnels » et des « particuliers » dans la même division.

Ces deux derniers organismes sont ou ont donc également été en contact avec le public cible et pourraient détenir des informations sur son profil. Dans les 2 cas, des questionnaires semi-directifs avec des questions ouvertes ont été administrés lors d'entretiens en face-à-face. Des enregistrements ont été réalisés là où ils ont été autorisés. Promesse a été faite de ne pas les publier sur internet et de ne s'en servir que comme aide-mémoire. Ils n'ont donc pas été retranscrits intégralement. Seuls des résumés de ces entretiens, validés par les intéressés, sont reproduits en annexe 3.

Ces questionnaires ont aussi servi à répondre aux questions de recherche formulées plus loin sur les freins et motivations, sur les comparaisons entre villes et sur les outils de promotion. La critique de cette méthodologie sera donc faite en fin d'ouvrage.

---

<sup>8</sup> Le mot « Prosommateur » est un néologisme issu de la contraction des mots producteur et consommateur. Il désigne une personne qui produit elle-même une partie de l'énergie qu'elle consomme.

Il a été choisi de ne pas administrer un questionnaire aux Bruxellois directement, et ce pour plusieurs raisons. La première est liée à la difficulté de trouver une base de sondage fiable reprenant la liste des propriétaires des biens décrits ci-dessus. Si le cadastre en dispose, et probablement aussi les communes visées, la loi sur la protection de la vie privée ne leur permet pas de les partager. Une alternative possible aurait été d'envoyer le questionnaire via les réseaux sociaux ou une liste de distribution privée, dans une démarche de type « bouteille à la mer ». Le risque d'un échec ou d'un échantillonnage non-représentatif et donc peu exploitable aurait par conséquent été très élevé. Nous verrons que la revue de la littérature combinée aux résultats des enquêtes nous permet toutefois d'avoir une vue assez complète de la segmentation et des motivations des « prosommateurs ». La rédaction d'un nouveau questionnaire n'aurait par conséquent apporté que peu d'information supplémentaire.

## RÉSULTATS

Les échanges réalisés avec les acteurs locaux semblent confirmer le profil des adoptants identifiés lors de la revue de la littérature.

Selon Monsieur Saudoyer de Homegrade, dans le segment des particuliers, ce sont surtout les propriétaires de maisons individuelles qui s'équipent en PV. La majorité des requérants ont un niveau de revenu assez élevé et une bonne connaissance des enjeux environnementaux. Monsieur Saudoyer tempère toutefois cette analyse par le développement tout récent du tiers investisseur<sup>9</sup> pour les particuliers. Cela leur amène des demandes venant de tous les milieux confondus, tant au niveau socioéconomique qu'éducatif.

Bruxelles Environnement qui a octroyé les primes au photovoltaïque jusqu'en 2009, n'a pas répertorié le profil des utilisateurs (Hance, 2018). Il semble cependant que le segment des locataires n'ait peu, voire pas du tout recours aux installations photovoltaïques. Les statistiques du prêt vert bruxellois (voir chapitre 5) confirment cette hypothèse : pour l'ensemble des énergies renouvelables, aucun locataire n'y a fait appel. C'est également le retour que nous avons eu de Homegrade.

Pour en savoir un peu plus, BE a financé une étude faite par Dedicated Research (2017) auprès des propriétaires résidentiels, qu'elle a mise à notre disposition. L'étude indique que ce sont les individus de la tranche 35-54 ans (63%), ayant un emploi (82%), appartenant à la classe sociale supérieure (60%) et habitant une maison individuelle (80%) qui investissent le plus dans du PV.

Brugel, qui enregistre et agréé les installations, dispose de certaines caractéristiques sociodémographiques des utilisateurs du PV mais elle ne les publie pas.

Pour ce qui est des entreprises privées, Brugel ne dispose pas d'une ventilation détaillée selon le type d'activité (industrie, commerce, bureaux,...). Nous ne pourrions donc pas croiser les données PV avec les données statistiques du cadastre et choisissons donc d'arrêter les investigations de ce segment pour nous concentrer uniquement sur le segment des particuliers.

Le segment des entreprises, ou du moins des grandes entreprises, drillé à la recherche de rentabilité, devrait en principe être autoportant, c'est-à-dire qu'il peut se motiver lui-même à investir dans du PV pour autant que celui-ci soit rentable. Cette hypothèse dépassant le cadre de cette étude, il serait

---

<sup>9</sup> Une définition du tiers investisseur est donnée en p 43.

utile, pour un futur mémorant peut-être, d'investiguer plus avant cette question par d'autres moyens, encore à définir.

## CONCLUSION

La revue de la littérature scientifique, proposée par les pays voisins essentiellement, nous indique un segment favorable au déploiement du PV dans le marché résidentiel. Il s'agit des propriétaires de maisons individuelles, récentes et grandes, qui ont un revenu et un niveau d'éducation élevé dans la tranche 35-54 ans. Nos entretiens avec les acteurs du marché photovoltaïque à Bruxelles apportent peu d'informations supplémentaires mais confirment néanmoins les recherches précitées. A Bruxelles, ce segment se trouve plutôt dans les 5 communes du Sud-Est (de Uccle à Woluwé-Saint-Lambert) ainsi qu'à Berchem-Sainte-Agathe.

Ceci nous amène à notre 2<sup>ème</sup> question de recherche : dans quelle mesure l'objectif de la RBC peut-il être atteint grâce à ce segment ? Ce sera notre 2<sup>ème</sup> **question de recherche**.

Pour le marché des entreprises, par contre, nous ne disposons d'aucune information probante et devons nous arrêter ici.

## 2.3 Seconde question de recherche : la RBC peut-elle atteindre ses objectifs 2020 et 2030 uniquement avec le segment sélectionné ?

### INTRODUCTION

Nous avons vu dans les chapitres précédents que la RBC avait des objectifs ambitieux en termes de développement de la filière photovoltaïque. Pour rappel la production de PV doit atteindre 92 GWh en 2020 et 185 GWh en 2030. En 2017, elle n'était encore qu'à 51 GWh. Le déficit à combler est donc respectivement de 41 GWh et 134 GWh.

Nous avons également identifié le segment le plus enclin à l'installation de PV chez les particuliers:

- Les propriétaires d'une habitation individuelle dans les communes dont le revenu, le niveau d'éducation et la moyenne d'âge sont les plus élevés, et où les habitations sont les plus récentes, c'est-à-dire : WSL, WSP, Auderghem, Watermael-Boitsfort, Uccle et Berchem-Sainte-Agathe.

Nous allons donc évaluer dans quelle mesure la RBC pourrait atteindre ses objectifs en se focalisant sur ce segment de marché le plus facile d'accès.

### MÉTHODE

Pour évaluer le potentiel restant dans ce segment cible nous avons choisi une "étude de traces" « où des "traces" d'un phénomène sont étudiées à travers une revue des écrits, relevés statistiques ou inventaires qui lui sont liés » (Lugen, p20). Nous donc allons croiser les données de production photovoltaïque fournie par Brugel avec les statistiques sur les maisons proposées par Ibsa ou celles de l'occupation du sol du cadastre ainsi que celles issues du Census 2011 sur la proportion de propriétaires occupants et du Monitoring des quartiers sur le bâti des îlots.

Pour mesurer le potentiel de ce segment (en GWh), deux possibilités s'offrent à nous :

- partir du nombre d'habitations disponibles
- partir du nombre de m<sup>2</sup> de toiture disponibles

Pour les maisons, nous choisirons la première option. En effet, une maison aura une et une seule installation à la mesure de sa consommation (du moins tant que perdurera le principe de compensation<sup>10</sup> et que le problème de l'autoconsommation collective ne sera pas résolu). Par conséquent, jamais elle ne couvrira l'entièreté de sa toiture. Les m<sup>2</sup> disponibles ne nous sont donc d'aucune utilité.

Pour les immeubles de rapport détenus par un seul propriétaire, on pourra avoir plus d'une installation par bâtiment et éventuellement couvrir l'ensemble du toit. Une approche à partir du nombre de m<sup>2</sup> disponibles semble donc plus appropriée.

Dans tous les cas, nous négligerons les autres usages du toit, comme les jardins potagers et les toitures vertes qui sont marginaux en RBC (Hance, 2018).

L'ensemble des calculs présentés ci-dessous ont été revus par BE et l'ICEDD.

---

<sup>10</sup> Principe du compteur qui tourne à l'envers (voir p. 55 pour une explication plus détaillée)

## HYPOTHÈSES

Pour réaliser nos estimations, nous avons pris les quelques hypothèses que voici.

### Maisons

Nous sommes partis du principe que toutes les maisons étaient individuelles.

N'ayant pu trouver des informations plus récentes, nous avons considéré que la proportion de propriétaires occupants n'avait pas changé depuis le Censur de 2011.

Afin de prendre des hypothèses modérées, nous avons suivi le ressenti de Homegrade et estimé que 70% des installations PV ont été faites sur les toitures de maisons et que les 30% restant l'ont été sur des immeubles. Nous aurions pu considérer les 80% annoncés par Dedicated Research et donner plus de poids aux maisons. Cela n'aurait pas eu une grande incidence sur le résultat final tant est faible la proportion de maisons ou d'immeubles déjà équipés en PV.

Nous sommes partis de l'hypothèse que 100% des installations sur maisons étaient le fait de propriétaires occupants et aucune de propriétaires bailleurs. Ce chiffre est arbitraire, mais a également peu d'influence sur le résultat final, au vu du faible taux de maisons couvertes.

La puissance moyenne des installations a varié au cours du temps. Celle des débuts du PV étaient plus faibles qu'elles ne le sont aujourd'hui. Bien que fluctuantes, elles sont toutefois devenues plus stables à partir de 2012. Nous avons donc choisi de prendre une moyenne sur les années 2012 à 2016, ce qui nous donne une puissance moyenne de 3,93 kWc par installation.

TABEAU 5 : PUISSANCE MOYENNE DES INSTALLATIONS CHEZ LES PARTICULIERS (2012-2016)

Année	puissance moyenne
2012	3,88
2013	4,14
2014	3,99
2015	3,69
2016	3,77
<b>Moyenne</b>	<b>3,93</b>

Source : Brugel

La productivité moyenne des installations, par contre, est en constante augmentation. Nous avons donc pris la dernière donnée disponible (2015), à savoir 810 kWh/kWc. Toute nouvelle installation devrait connaître une productivité encore meilleure et générer des résultats plus intéressants que ceux que nous présentons ci-dessous.

### Immeubles de rapport (en propriété individuelle)

Le cadastre nous donne la superficie de la parcelle, pas celle du bâti (au sol) et encore moins celle du toit. Le Monitoring des quartiers nous donne cependant une bonne indication du pourcentage bâti des parcelles par commune. Ce sont ces chiffres que nous allons utiliser pour déterminer les surfaces bâties. Nous considérerons que tous les toits sont plats et que leur superficie est équivalente aux superficies bâties. Les données du Monitoring présentent cependant un biais en ce sens que les parcelles de parc, non bâties, sont incluses dans la moyenne communale. C'est particulièrement le cas pour les très vertes communes de Woluwé-Saint-Pierre, Auderghem, Watermael-Boitsfort et

Uccle. Nous leur appliquerons donc la même proportion de bâti que leur voisine Woluwé-Saint-Lambert.

Pour le coefficient de couverture pour des toits plats, c'est-à-dire la proportion de la toiture bien exposée qui peut être recouverte de panneaux, nous le prendrons égal à 0,5 (Cleantech guide). Il pourrait être plus important à l'avenir et proche de 0,9 comme pour les toits en pente, car la baisse du coût d'une installation autorise la pose d'un plus grand nombre de panneaux avec une orientation est-ouest et non plus sud. Ce sera d'autant plus le cas qu'avec la fin de la compensation les propriétaires voudront maximiser les gains sur les CV par un surdimensionnement de leur installation. Cependant toutes les surfaces de toitures ne pourront être exposées (car trop à l'ombre), ce qui vient contrebalancer ce chiffre de 0,9. Nous nous en tiendrons donc à 0,5.

Nous avons également pris l'hypothèse contraignante d'un rendement faible des panneaux, qui nécessitent 7,35m<sup>2</sup> par kWc installé (Huart).

## RÉSULTATS

### Maisons individuelles

Les résultats obtenus sont décrits ci-dessous.

TABLEAU 6 : PRODUCTION PHOTOVOLTAÏQUE POTENTIELLE DES MAISONS INDIVIDUELLES EN RBC

Maisons individuelles habitées par		le propriétaire		un locataire		TOTAL
Commune	Position (en densité d'installations)	Production possible (GWh)	Production cumulée (GWh)	Production possible (GWh)	Production cumulée (GWh)	Production cumulée (GWh)
WATERMAEL-BOITSFORT	1	8,91	8,91	9,34	9,34	18,25
WOLUWE-SAINT-PIERRE	2	13,22	22,13	11,62	20,96	43,09
BERCHEM-SAINTE-AGATHE	3	5,41	27,54	5,06	26,01	53,56
AUDERGHEM	4	10,27	37,81	9,70	35,71	73,52
UCCLE	5	20,93	58,73	21,00	56,71	115,45
WOLUWE-SAINT-LAMBERT	6	9,35	<b>68,09</b>	12,36	<b>69,07</b>	<b>137,16</b>
JETTE	7	7,46	75,55	8,61	77,68	153,23
GANSHOREN	8	3,06	78,61	3,77	81,46	160,07
EVERE	9	5,16	83,77	7,08	88,54	172,31
IXELLES	10	7,09	90,86	18,43	106,97	197,83
BRUXELLES	11	12,82	103,69	33,95	140,92	244,61
ETTERBEEK	12	4,85	108,54	10,28	151,21	259,75
ANDERLECHT	13	16,65	125,19	24,47	175,68	300,86
FOREST	14	6,30	131,49	9,74	185,41	316,90
SCHAERBEEK	15	15,46	146,95	25,64	211,05	358,00
KOEKELBERG	16	1,88	148,83	2,72	213,78	362,61
SAINT-GILLES	17	3,39	152,22	10,15	223,93	376,15
MOLENBEEK-SAINT-JEAN	18	6,77	159,00	11,39	235,32	394,31
SAINT-JOSSE-TEN-NOODE	19	2,10	<b>161,09</b>	5,10	240,42	<b>401,51</b>
<b>TOTAL</b>		<b>161,09</b>		<b>240,42</b>		<b>401,51</b>

Les calculs sont détaillés en annexe 4.

Les cinq communes surlignées en jaune sont celles qui ont été identifiées comme les plus réceptives au PV. Si, dans ces communes, toutes les maisons occupées par leur propriétaire étaient équipées d'installations PV, on pourrait atteindre une production d'électricité de 68,09 GWh, ce qui suffirait à combler le déficit de 41 GWh pour 2020.

Dans la même logique, la couverture de toutes les maisons de ces communes, sans distinction du type d'occupant, permettrait de générer 137,16 GWh et d'atteindre l'objectif 2030 de 134 GWh. Pour convaincre les propriétaires bailleurs de passer au PV, sans les contraindre à trouver des accords avec leurs locataires sur le partage des gains énergétiques, il faudrait que ce type d'installation puisse être rentable avec les CV uniquement, ce que nous analyserons dans la partie consacrée au prix.

Étendu à toute les maisons de la région, ce chiffre atteindrait les 400 GWh, ce qui laisse rêveur.

### Immeubles de rapport (en propriété individuelle)

TABLEAU 7 : PRODUCTION PHOTOVOLTAIQUE POTENTIELLE DES IMMEUBLES DE RAPPORT EN RBC

Immeubles en propriété individuelle				
Commune	Position (en densité d'installations)	GWh produisibles	GWh cumulés	
WATERMAEL-BOITSFORT	1	1,18	1,18	
WOLUWE-SAINT-PIERRE	2	2,08	3,26	
BERCHEM-SAINTE-AGATHE	3	1,69	4,95	
AUDERGHEN	4	0,86	5,81	
UCCLE	5	5,07	10,88	
WOLUWE-SAINT-LAMBERT	6	2,88	13,76	
JETTE	7	1,46	15,21	
GANSHOREN	8	1,50	16,71	
EVERE	9	1,57	18,28	
IXELLES	10	4,40	22,68	
BRUXELLES	11	8,52	31,21	
ETTERBEEK	12	4,39	35,60	
ANDERLECHT	13	2,18	37,78	
FOREST	14	2,72	40,50	
SCHAERBEEK	15	4,47	44,97	
KOEKELBERG	16	1,73	46,69	
SAINT-GILLES	17	2,04	48,73	
MOLENBEEK-SAINT-JEAN	18	6,97	55,70	
SAINT-JOSSE-TEN-NOODE	19	1,14	56,84	
<b>TOTAL</b>		<b>56,84</b>		

L'analyse faite sur les immeubles de rapport nous indique que les 6 communes préférentielles pourraient « rapporter » 13,76 GWh supplémentaires et que l'ensemble des 19 communes bruxelloises pourraient en générer 56,84. La différence de potentiel entre les maisons et les immeubles de rapport s'explique aisément par le fait que ces derniers sont beaucoup moins nombreux (Statbel 2018).

Comme pour les maisons de propriétaires bailleurs, il sera plus facile de convaincre ce segment si la rentabilité des systèmes est garantie avec les seuls CV.

Pour l'ensemble des biens en propriété individuelle, ce sont donc 151 GWh qui peuvent potentiellement être produits par les 6 communes préférentielles et 458 GWh par la région.

Il est bien entendu illusoire de penser qu'un jour toutes les maisons bruxelloises seront recouvertes de panneaux PV. Cette analyse ouvre cependant des perspectives intéressantes en termes de priorisation des efforts. Elle conforte l'idée selon laquelle le segment cible que nous avons identifié devrait faire l'objet d'une plus grande attention.

N'oublions pas non plus qu'à côté du marché résidentiel, le projet Solar Click, qui prévoit l'installation de 85.000 m<sup>2</sup> de panneaux si tout se déroule comme prévu, devrait générer 9,37 GWh en 2020, si l'on utilise les mêmes hypothèses de travail que pour les immeubles de rapport (annexe 4).

Et surtout, il y a le potentiel des entreprises privées qui n'a pas été exploré dans ce travail.

## LIMITES DE LA MÉTHODE

Les limites de cette méthode tiennent surtout aux hypothèses qui sont faites. Cette analyse part du principe que tous les immeubles considérés sont « exposables » et donc susceptibles d'être équipés de panneaux solaires. En outre, elle considère que toutes les toitures sont en bon état et par conséquent immédiatement exploitables. Ces deux arguments n'ont pas été vérifiés.

Cette méthode repose aussi sur le choix d'une série d'hypothèses pour les calculs de productivité, dont certaines sont assez approximatives voire arbitraires. Elle repose aussi sur des calculs faits à partir de moyennes, sans tenir compte des valeurs minimales. Les résultats obtenus ne peuvent donc être pris que comme une indication générale, pas comme une science exacte.

De plus, des traitements manuels ont été faits pour consolider des informations venant de différentes sources. Bien que revus plusieurs fois, il n'est pas impossible que ces calculs présentent encore des erreurs.

## CONCLUSION

Notre revue de la littérature nous avait indiqué que le segment « résidentiel » le plus enclin à adopter des panneaux photovoltaïques était celui des maisons en propriétés individuelles situées dans les 5 communes du Sud-Est de Bruxelles (de Uccle à Woluwé-Saint-Lambert) ainsi qu'à Berchem-Sainte-Agathe.

Dans un premier temps, une enquête auprès des acteurs de terrain nous a permis de confirmer cette hypothèse pour la Région de Bruxelles-Capitale.

Nous avons ensuite évalué le potentiel de production photovoltaïque sur ce segment pour le mettre en rapport avec les objectifs de la RBC de 92 GWh et 185 GWh respectivement, aux horizons 2020 et 2030. Nous avons donc croisé les données PV de Brugel aux données cadastrales mises à disposition par Statbel.

Les résultats bruts sont positifs puisque la production potentielle sur ces 6 communes pourrait combler les écarts entre la production actuelle et les objectifs de la RBC, pour autant que les propriétaires bailleurs puissent rentabiliser leur installation avec leurs seuls CV. Ce point sera traité dans la dernière partie de cet ouvrage.

## 3. Public - Freins et motivations du public cible

### 3.1 État de l'art

Les questionnaires administrés lors de la 1<sup>ère</sup> question de recherche ont aussi été l'occasion d'interroger les acteurs de terrain sur les motivations et freins perçus dans le chef des candidats acquéreurs. Afin de ne pas alourdir la lecture en reproduisant la première question de recherche, la revue de la littérature et les réponses obtenues lors de nos entretiens sont consolidées ci-dessous.

### 3.2 Troisième question de recherche : freins et motivations des prosommateurs bruxellois

#### MOTIVATIONS

Les raisons qui poussent les ménages à investir dans le photovoltaïque sont de différents ordres. Les critères économiques apparaissent comme les plus importants (baisse de la facture d'électricité, et rentabilité du système) (Vasseur et al., 2015) (Schaffer 2015). Viennent ensuite la baisse de l'impact sur l'environnement, puis l'autosuffisance énergétique et enfin le goût pour des technologies innovantes (Vasseur et al., 2015). Parmi les « early adopters », fans de nouvelles technologies ou spécialistes de l'électricité, il s'en trouve qui ont le désir de montrer l'exemple et d'éduquer les autres (Schelly, 2014). Ce point est intéressant à noter dans le développement d'une stratégie de communication.

L'étude sur le PV en Flandre vient confirmer la première place des motivations économiques puisque sans les subsides, les auteurs ont estimé que le nombre d'installations aurait chuté de 82,8% (De Groote et al., 2016). C'est aussi le cas en France (Lecordier 2012, p192). La prépondérance des facteurs économiques et environnementaux est également confirmée par Rai (2016).

A Bruxelles, les 3 premières motivations ont été identifiées (Cielen, 2018, p 42). Homegrade et Dedicated Research nous confirment que les adoptants recherchent surtout les économies sur la facture. Le goût pour la technologie ressort (Dedicated Research 2017) mais dans une faible proportion.

#### FREINS

##### Freins pratiques

Lors de la mise en carte des profils types des utilisateurs de PV, nous avons déjà entraperçu une série de freins limitant l'accès des ménages à cette technologie. Citons les **freins techniques**, tels que l'état de la toiture. Ce sera surtout le cas des biens les plus vieux, situés dans les quartiers les plus anciens de la capitale, et moins dans les communes de la ceinture extérieure, plus jeunes, que nous avons identifiées comme étant les plus prometteuses pour le développement du PV.

Les **freins commerciaux** font également partie des freins possibles. La RBC recense peu d'installateurs agréés sur son territoire. Cela est vraisemblablement dû à une moindre motivation de leur part, due à la difficulté d'accès des immeubles en ville (Steurs, 2018). L'espace en rue doit être suffisant pour acheminer le matériel et la grue éventuelle, et ne pas gêner la circulation. Des panneaux de stationnement doivent être prévus et l'accès au toit rendu possible. Tout cela limite l'attrait des territoires urbains pour les installateurs. Ils doivent donc souvent venir des autres

régions avec la distance comme frein supplémentaire dans leur chef. Nous avons cependant vu que notre segment porteur vit dans des maisons situées dans les quartiers périphériques de Bruxelles où la densité de bâti est la plus faible. Ce problème les touche donc peu. D'ailleurs, seuls 3% ont fait état de difficulté à trouver un installateur qualifié (Dedicated Research, 2017).

Il existe aussi les **freins liés au régime de propriété**. En effet, un locataire ne peut pas réaliser les travaux sans l'accord de son propriétaire et n'est pas certain de rester assez longtemps pour en toucher les bénéfices. Un copropriétaire, quant à lui, a besoin de l'assentiment des autres copropriétaires via un vote à la majorité des 4/5<sup>ème</sup> lors d'une assemblée générale (Renouvelle, 2018), ce qui implique un long processus décisionnel, une bonne entente entre les parties et une répartition claires des responsabilités de chacun. Encore une fois, notre segmentation nous a permis de mettre de côté ces catégories pour nous concentrer sur les propriétaires de bien en propriété individuelle.

On peut rajouter les **freins réglementaires** à notre liste. Il s'agit par exemple de l'obtention d'un permis d'urbanisme. Dans la plupart des cas cependant, pour autant qu'il n'implique aucune dérogation à un plan d'affectation du sol, un règlement d'urbanisme ou à un permis de lotir, le placement de panneaux photovoltaïques est dispensé d'un permis d'urbanisme si les panneaux sont non visibles de l'espace public, ou s'ils sont incorporés dans le plan de la toiture ou fixés sur la toiture parallèlement au plan de celle-ci, sans présenter de saillie de plus de 30 cm ni de débordement par rapport aux limites de la toiture. Le placement des panneaux PV sur une partie non-protégée d'un bâtiment protégé est également dispensé d'un permis si les panneaux ne sont pas visibles de l'espace public. Un permis ne sera obligatoire que dans les autres cas<sup>11</sup>.

Toujours parmi les freins réglementaires, certains estiment que l'impossibilité légale de revente du surplus de production après la fin de la compensation, prévue pour 2020 (Brugel, actualités 2018), aura un impact sur le développement du PV (Moreau, 2018). Il ne sera en effet plus possible de déduire son surplus de production de sa facture annuelle d'électricité. Il pourra toujours être revendu au réseau mais au prix très faible de 0,03 €/kWh. Dans ces conditions et sans solution de stockage, il serait plus intéressant de pouvoir le revendre à des tiers. Une école, par exemple, qui produirait de l'électricité en plein été, à une époque où elle n'en consomme presque pas, pourrait ainsi la revendre à ses voisins à des conditions tarifaires intéressantes pour chacune des parties. Malheureusement, le code du logement ne le permet pas encore. Cependant, l'UE veut pousser ses membres dans cette direction (Renouvelle, 2018) et des projets pilotes mettant en place l'autoconsommation collective sont autorisés par une ordonnance bruxelloise<sup>12</sup>. Par ailleurs, il se fait que les gens, y compris ceux qui possèdent une installation PV, ont une faible connaissance de mécanismes tels que la compensation (Cielen, 2018). Il semble donc qu'un concept aussi complexe que l'autoconsommation collective n'ait pas été un de leur critère de décision. Nous négligerons donc cet aspect.

Alors que notre segment cible est peu contraint par les freins techniques, commerciaux, réglementaires et ceux liés au régime de propriété, peu nombreux sont les ménages qui ont réellement franchi le pas. Comme nous l'avons vu lors de la segmentation, seuls 2,23% des maisons

---

<sup>11</sup> 13 NOVEMBRE 2008 - Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale déterminant les actes et travaux dispensés de permis d'urbanisme

<sup>12</sup> 23 JUILLET 2018. - Ordonnance modifiant l'ordonnance du 19 juillet 2001 » TITRE V - De l'autoconsommation collective

ciblées disposent de PV (voir annexe 4). Le potentiel dans ce segment reste donc largement inexploité. Il doit donc exister d'autres barrières à l'achat de PV.

### Freins financiers

Les freins financiers et plus précisément le **coût d'investissement**, indépendamment de sa rentabilité future, semble être un frein très important, voire le plus important, comme en attestent de nombreuses études qui se sont penchées sur la question (Vasseur et al., 2015 ; Dharshing 2017). De plus, les copropriétaires d'appartements dans des immeubles avec ascenseur ont dû récemment investir des montants importants dans leur mise en conformité, ce qui nous conforte dans l'idée que ce segment n'est pas à privilégier pour l'heure. A Bruxelles, 73% des investisseurs ont profité de primes (octroyées jusqu'en 2009), contre 22% d'entre eux qui ont consenti à l'investissement sans elles. Parmi ceux qui ont envisagé le PV et y ont renoncé, 50% indiquent quand-même que le coût a été leur frein principal (Dedicated Research 2017) mais la plupart d'entre eux surestiment ce coût (Saudoyer 2018, Hance 2018, Dedicated Research 2017).

La **rentabilité**, quant à elle, ne devrait pas être une barrière puisque Brugel à l'obligation d'adapter ses coefficients multiplicateurs pour permettre un retour sur investissement en 7 ans dans le cas d'une configuration moyenne. Nous reviendrons plus longuement sur cet aspect dans la dernière partie de ce mémoire. Il est intéressant de noter que 65% des gens ignorent la rentabilité d'une installation ou la croient supérieure à 10 ans (Dedicated Research 2017).

La peur **d'ajustement des subsides** ne semble pas importante aux Pays-Bas selon Vasseur (et al., 2015). Il est pourtant vraisemblable qu'elle le soit à Bruxelles. Non seulement des subsides ont déjà été arrêtés (primes énergie) ou réduits (coefficients multiplicateurs) en RBC, mais ils l'ont aussi été, et dans une beaucoup plus large mesure, dans les régions voisines. Les CV n'y sont plus octroyés, ce qui a provoqué, d'une part un tollé chez de nombreux prosommateurs wallons, alors que la rentabilité semble toujours garantie (Baras, 2015 p39) et, d'autre part, une méfiance des autres citoyens, y compris bruxellois, envers la filière (Saudoyer, 2018 ; Tieterickx, 2018).

Une nouvelle peur est venue se greffer à la première, celle du **tiers investisseur**. Depuis peu, grâce à la baisse des coûts d'installation qui induit une rentabilité accrue de celles-ci, les tiers investisseurs ont investi le marché résidentiel. Alors qu'elle est une manière de contourner la barrière du coût d'investissement initial, leur offre semble effrayer les « prosommateurs » potentiels qui la trouvent trop belle pour être vraie (Saudoyer, 2018 ; Tieterickx, 2018).

### Freins psychologiques

L'**esthétisme** a été mentionné pour les maisons de haut standing (De Groot et al., 2016). Il s'agit d'un frein réel mais sur lequel les pouvoirs publics ont peu d'emprise si ce n'est par le support à la recherche et développement dans des technologies plus intégrées à l'architecture du bâti, et éventuellement par la subsidiation de celles qui existent déjà, pour les rendre rentables. Mais en RBC, seuls 6% des personnes non-équipées ont invoqué ce frein (Dedicated Research, 2017). L'esthétisme ne semble donc pas être un problème essentiel pour notre population cible.

La diffusion des innovations (voir p.25) est un processus complexe qui implique des **aspects psychologiques et sociaux** chez les gens pouvant induire des freins à l'adoption. Notons entre autre la peur du changement de mode de vie, le besoin d'un référent fiable dans son entourage (Lecordier-Ferlay 2012, Rai 2016, Palm 2017) ou l'écart à la norme sociale (Lecordier-Ferlay, 2012 ; Vasseur et

al., 2015). Ceci renforce le besoin de segmentation vers des publics où le photovoltaïque est déjà une norme sociale et dans des quartiers où l'entourage utilise déjà ce type d'équipement.

Le manque de compréhension d'un sujet a priori très technique pourrait freiner plus d'une personne dans la décision d'installer du PV. La recherche d'information peut également se révéler très dévoreuse de temps (Rai 2015).

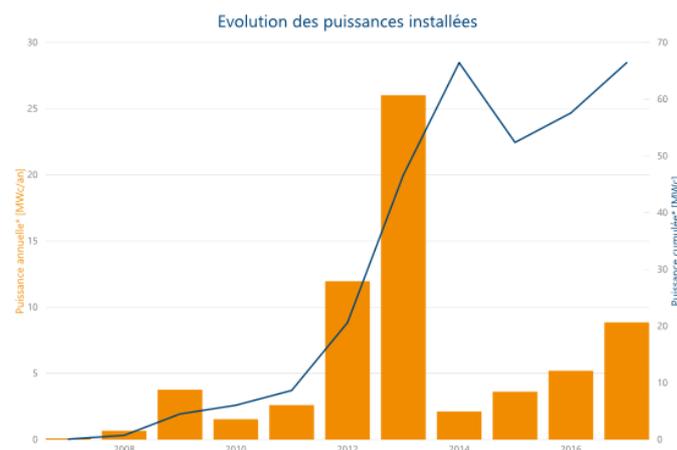
## FACTEURS D'INFLUENCE

### Subsides

Les subsides octroyés par les pouvoirs publics ont (eu) un grand impact sur le déploiement du PV Schelly, 2014) (Schaffer, 2015) (Dharshing, 2017). Ce sont d'eux que dépend(ait) la rentabilité des systèmes. C'est pourquoi beaucoup de pays ont adopté des crédits d'impôts ou des subsides pour stimuler son adoption. La Flandre, par exemple, n'a pas échappé à la règle. Dans leur étude sur le parc PV flamand, les auteurs estiment que sans les subsides octroyés par la région sous forme de certificats verts, le nombre d'adoption aurait été de 82,8% plus bas (De Groote et al., 2016).

A l'échelle bruxelloise, cette analyse semble se vérifier.

FIGURE 5 : EVOLUTION DES PUISSANCES INSTALLÉES EN RBC ENTRE 2007 ET 2017



Source : Apere 2018

La figure 5 indique un premier petit pic en 2009 puis une explosion en 2012 et 2013 de la puissance installée avant une chute brutale du nombre de nouvelles installations.

Le pic de 2009 résulte de l'annonce de l'arrêt des primes « énergie » dédiées au photovoltaïque. Le succès de ces primes grevait en effet les finances publiques. Elles ont été maintenues dans une forme très limitée jusqu'en 2014 avant un arrêt définitif (Hance, 2018).

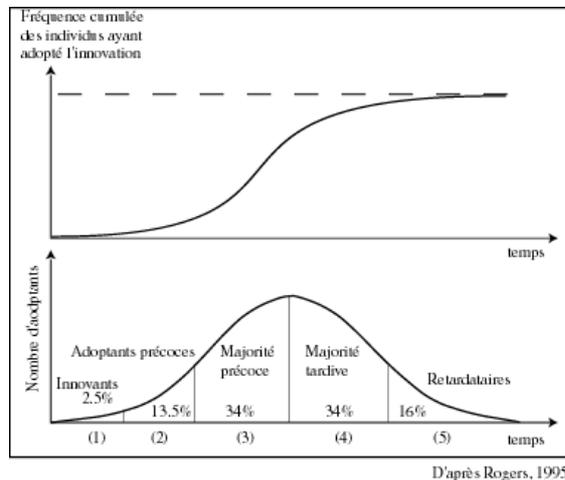
Du côté des entreprises privées, c'est en 2012 et surtout 2013 que l'on note un développement massif des installations avant une chute soudaine. Le ralentissement est dû à « une diminution sensible du niveau de soutien des installations des dites entreprises (passage du coefficient multiplicateur de 2,2 à 1,32) »<sup>13</sup> (Brugel 2018). Selon Mr Tieterickx et Saudoyer, il est également dû aux annonces faites par les régions voisines de l'arrêt des CV. En région Wallonne, la réforme

<sup>13</sup> Le principe du coefficient multiplicateur (de CV) est expliqué en page 41.

Qualiwatt instaurant la fin des CV, approuvée en 2013 (Edora) a généré une grande confusion dans l'opinion publique bruxelloise qui a fait l'amalgame entre les politiques des différentes régions.

## Communication

La théorie de la diffusion de l'innovation a été publiée en 1962 par E. Rogers.



D'après Rogers, 1995

Source : Charpy

D'après lui, l'adoption d'une innovation suit une courbe en « S », où le passage entre un produit de niche et un produit de masse se fait quand la « majorité précoce » se met à l'acheter.

Avec 2,23% de maisons équipées de panneaux en RBC, seuls les innovants et peut-être quelques adoptants précoces (« early adopters en anglais ») se sont intéressés au PV.

La communication a un rôle prépondérant dans le processus de diffusion des innovations. « *La diffusion des innovations est une théorie de la communication (Rogers, 1962). De ce fait, la communication interpersonnelle influence la forme et la vitesse de la diffusion d'un produit nouveau sur le marché (Mahajan, Muller et Bass, 1990)* » (Lecordier, 2012, p 228).

Selon cette théorie, revisitée par d'autres auteurs par la suite, sept attributs déterminent le taux d'adoption d'une innovation (Palm, 2017 ; Lecordier, 2012) : l'avantage relatif (avant/après), la compatibilité (avec les normes et valeurs du groupe social), la complexité du produit, la possibilité de test, l'observabilité, la nouveauté perçue et le risque perçue.

Dans ce contexte, **l'effet de l'entourage** (en anglais « peer effect ») est donc primordial et l'achat de PV n'aurait pas eu lieu sans son apport (Lecordier, 2012, p 230) puisqu'il permet de répondre à la majorité des attributs présentés ci-dessus. L'entourage réduit les incertitudes économiques et celles liées à la productivité et à l'utilisation d'une technologie complexe et inconnue (Palm, 2017). L'apparition et l'importance de groupes d'influence et de communautés d'information est d'ailleurs mis en avant par Schelly (2014) et Dharshing (2017).

Pour Parkins (et al., 2018), « voir du PV » est le facteur prépondérant dans l'adoption du PV, devant l'appartenance sociodémographique. Cette analyse est confirmée par Baras (2015) pour qui les critères sociodémographiques n'expliquent que 23,6% de la tendance à installer du PV. Le fait d'être un riche propriétaire de maison individuelle ne suffit donc pas à passer à l'acte.

L'effet de l'entourage est un facteur d'influence, quel que soit le stade de réflexion dans lequel se trouve le prosommateur potentiel. Il augmente la probabilité d'achat et raccourcit le temps de prise de décision. Il s'amenuise toutefois avec la distance géographique et relationnelle. L'effet actif, celui qui résulte d'un échange avec le détenteur de PV, est plus important que l'effet passif, c'est-à-dire la simple vue de panneaux sur les toits voisins (Palm, 2017). L'efficacité de la communication

interpersonnelle est, par ailleurs, d'autant plus importante que les groupes sociaux sont homéophiles, c'est-à-dire socialement proches (Lecordier, 2012, p228).

En Allemagne, une **dépendance entre comtés voisins** (en anglais « neighbouring effect ») a été mise en évidence. Elle a permis l'émergence de « clusters » photovoltaïques dans certaines régions du pays, probablement due à l'effet de l'entourage et de groupes d'influences, mais aussi à la disponibilité d'installateurs expérimentés dans les comtés voisins (Schaffer et al., 2015) (Dharshing, 2017).

A Bruxelles, s'il y a bien une dépendance entre régions voisines, celle-ci est plutôt négative. La carence en installateurs agréés, n'est pas résolue par l'arrivée d'installateurs wallons. En effet, les installateurs wallons, plus proches des communes du Sud-Est de Bruxelles, ont peu de motivations à venir y travailler (bouchons, accès à la rue, place pour le camion et revenus suffisants en Wallonie). Cela pourrait cependant changer dans la mesure où le PV n'a plus la cote au Sud du pays (Steurs, 2018). De toute façon, nous avons vu plus haut que le manque d'installateurs est rarement évoqué.

Plus importante est la mauvaise image du PV causée par l'éclatement de la bulle des CV en Wallonie et en Flandre qui, comme nous l'avons déjà mentionné, a eu un effet négatif sur l'adoption du PV en RBC.

**Le rôle de la presse** apparaît important également. Elle permet de vulgariser un objet de prime abord complexe et de démontrer l'efficacité du produit (Lecordier p 240), ce qui crée un climat de confiance autour du produit (Lecordier, 2012, p 240). Elle peut cependant avoir un effet inverse et, par ses messages négatifs, comme ce fut le cas dans la presse francophone, détourner les gens de cette technologie (Baras, 2015, p 39).

**Le démarchage** par les installateurs est un autre élément de communication et celui qui a le plus conditionné les Californiens à s'intéresser au photovoltaïque par rapport aux autres sources d'informations, telles que internet ou les fournisseurs d'électricité. Parmi les actions déployées par les installateurs, le porte-à-porte est celle qui a eu le plus d'influence devant le toute-boite et la presse audiovisuelle (Rai 2015). Ce sont donc les démarches proactives qui ont le plus d'effet et on pourrait imaginer que dans un futur proche, elles ne soient plus l'apanage des entreprises commerciales, mais soient le fait, également, d'organismes publics.

## CONCLUSION

Les motivations les plus fréquentes dans la décision d'adopter le photovoltaïque sont financières (réduction de la facture et rentabilité de l'investissement), environnementales (participer à la lutte contre le réchauffement climatique), technologiques (le souhait de posséder la technologie dernier cri), ainsi qu'un souci d'indépendance énergétique. Les différentes études analysées indiquent que l'argument le plus important est l'argument économique. Il est à noter qu'il existe parmi les « early adopters » ceux qui ont l'envie d'éduquer les autres.

Il existe malheureusement une série de freins à l'adoption du PV. Les freins technologiques, commerciaux et réglementaires ainsi que ceux liés au régime de propriété n'auront vraisemblablement que peu d'influence sur notre segment cible. Le manque d'esthétisme peut avoir un impact sur les maisons de haut standing, mais reste malgré tout restreint. Les freins qui ressortent comme essentiels sont les freins financiers, associés à un manque de confiance dans le PV et les pouvoirs publics, et les freins psychologiques liés à la diffusion des nouvelles technologies.

Les facteurs d'influence sont donc de toute évidence les subsides pour faciliter l'investissement, ainsi qu'une communication renforcée. L'effet de l'entourage semble prépondérant pour abattre les freins à la diffusion de nouvelles technologies et créer un climat de confiance autour du photovoltaïque, et le démarchage actif est le moyen le plus efficace pour pousser à l'action. Le rôle des médias et le « neighbouring effect », qui devraient être positifs, sont malheureusement négatifs en RBC, en particulier à cause de l'éclatement de la bulle des CV tant en Wallonie qu'en Flandre, ce qui a jeté l'opprobre sur un secteur pourtant rentable.

Dans le chapitre 5, nous analyserons donc ce que les pouvoirs publics bruxellois ont mis en place pour répondre aux freins et renforcer les facteurs d'influence. En attendant, nous allons d'abord comparer Bruxelles à d'autres villes pour évaluer son retard effectif (ou non).

## 4. Public - Comparaison à d'autres villes

### 4.1 État de l'art

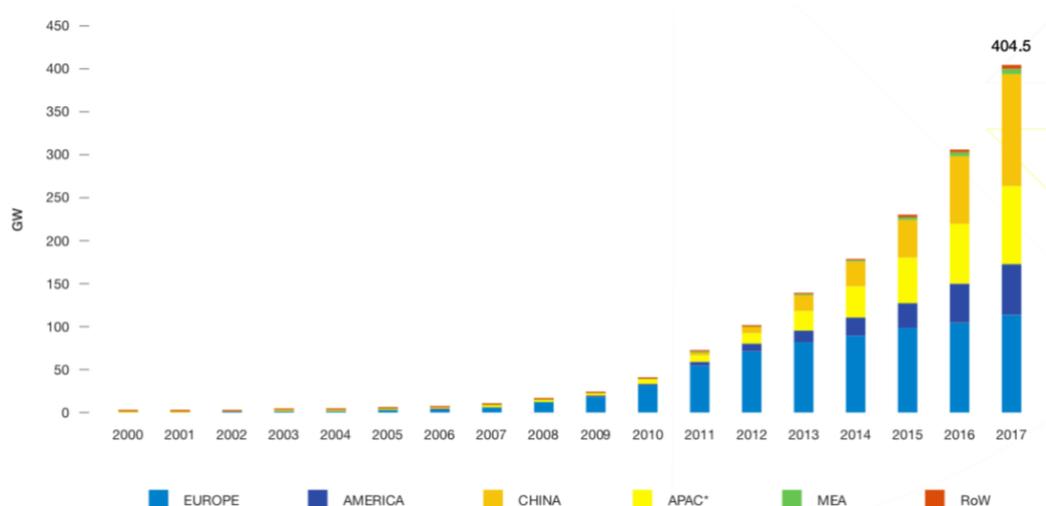
#### ÉTAT DU DÉVELOPPEMENT DU PHOTOVOLTAÏQUE DANS LE MONDE

Par rapport aux énergies conventionnelles, l'énergie solaire présente l'avantage d'être non-polluante et inépuisable. Elle existe en quantités telles qu' « à lui seul, le soleil pourrait couvrir tous les besoins énergétiques de la planète. L'énergie envoyée par le soleil sur la terre est, en effet, beaucoup plus importante que l'énergie que l'Homme peut consommer » (EF4).

Ce n'est donc pas un hasard si l'énergie solaire est aujourd'hui celle qui se développe le plus. En 2017, elle représentait 38 % des nouvelles capacités électriques installées, toutes énergies confondues, loin devant le gaz (15%), le charbon (13%) et l'énergie nucléaire (4%) (SolarPower Europe, 2018).

Si elle ne représente encore que 1,31% de la production mondiale d'électricité (IEA, 2018), l'installation de capacités solaires cumulées est néanmoins en augmentation quasi exponentielle depuis 2000, avec un taux de croissance de 32% entre 2016 et 2017 (SolarPower Europe, 2018).

FIGURE 6 : EVOLUTION OF GLOBAL TOTAL SOLAR PV INSTALLED CAPACITY 2000-2017

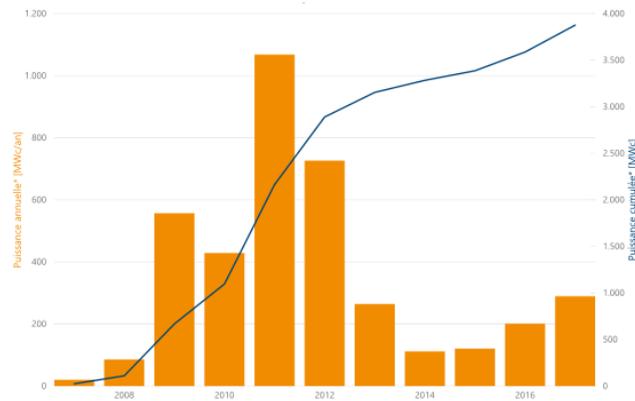


Source : SolarPower Europe 2018

Bien que l'année 2017 marque le retour à la croissance des nouvelles capacités installées en Europe, grâce à la Turquie, après une baisse de plusieurs années entamée en 2012, l'UE stagne (SolarPower Europe, 2018).

En 2017, on constate cependant une reprise en Belgique, soutenue principalement par le Flandre qui totalise à elle seule 73% de la puissance installée (Aperre, 2018).

FIGURE 7 : ÉVOLUTION DES PUISSANCES INSTALLÉES ANNUELLEMENT



Source : Apere, Observatoire photovoltaïque, 2018

Cela étant dit, la production d’électricité photovoltaïque en Belgique n’en est qu’à ses balbutiements avec à peine 3,6% de la production nette d’électricité en 2017 (Febeg, 2018).

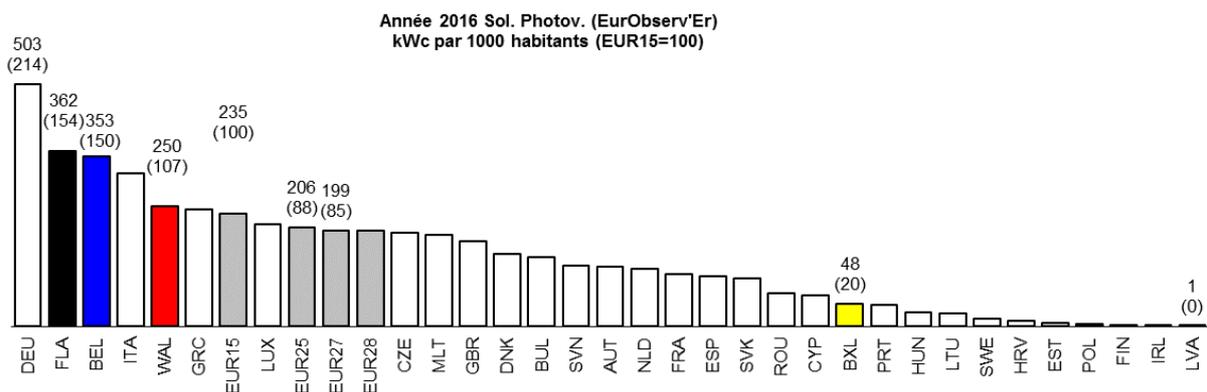
En 2017, la Belgique totalisait 468.000 installations, dont 98% dans le secteur résidentiel équivalant à 63% des 3.877 MWc de puissance installée. La puissance installée était de 344 Wc par habitant (Apere, 2018).

### ÉTAT DU DÉVELOPPEMENT DU PHOTOVOLTAÏQUE EN RBC

En 2017, la Région de Bruxelles-Capitale comptait 3.783 Installations photovoltaïques (Brugel, 2018) pour une puissance installée cumulée de 66 MWc (Apere, 2018). La RBC est caractérisée par une prédominance des grandes installations qui représentaient 82% de la puissance installée (Apere, 2018).

EurObserv’Er propose un classement des pays en fonction de la puissance installée par habitant. Quand on compare la RBC aux autres régions belges et pays d’Europe, on constate qu’elle est très en retard sur ses voisin(e)s.

FIGURE 8 : DENSITÉ DE PUISSANCE PAR 1000 HABITANTS DES PAYS DE L’UE ET DES TROIS RÉGIONS BELGES



Source : Brugel 2018, Étude d’initiative, relative au parc photovoltaïque en Région de Bruxelles-Capitale - 2016

Bien que la Belgique soit dans le trio de tête des pays de l’UE en puissance installée par habitant (Wc/habitant) en 2016, la RBC est, elle, très en retard sur cet indicateur.

Toutefois, il est probablement peu pertinent de mesurer Bruxelles à d’autres régions ou pays. En effet, la RBC est avant tout une agglomération urbaine, avec ses spécificités en termes de bâti et d’occupation du territoire, très différentes de celles de zones géographiques plus étendues.

Il serait donc utile de pouvoir comparer Bruxelles à d'autres grandes villes belges et européennes, voire mondiales. Il semble cependant qu'une telle liste n'existe pas. Les recherches bibliographiques sont restées muettes à ce sujet et Energy Cities, ainsi que Bruxelles Environnement et Brugel, n'ont pas connaissance d'un tel classement. Par ailleurs, si la littérature scientifique est prolixie en indicateurs tels que l'ensoleillement, les gains économiques ou les tonnes équivalent pétrole non rejetées (pour ne citer qu'eux), elle ne semble pas fournir d'autre indicateur que celui utilisé par Eur'Observer (Puissance installée par habitant) pour évaluer le taux de succès du PV entre zones géographiques.

## CONCLUSION

Bien que l'énergie solaire photovoltaïque soit en pleine croissance dans le monde et connaisse une reprise en Belgique, notamment grâce à la Flandre, la RBC accuse un grand retard par rapport aux autres régions et pays de l'UE, en termes de puissance installée par habitant.

Il serait cependant plus judicieux de comparer la RBC à d'autres agglomérations urbaines, or il semble qu'une telle liste n'existe pas, pas plus que des indicateurs pertinents.

La création d'un classement limités à quelques villes et le choix des indicateurs fera donc l'objet de notre **4ème question de recherche**, où l'on tentera de comprendre qui sont les bons élèves et ce qu'ils ont mis en place pour obtenir leurs résultats.

## 4.2 Quatrième question de recherche : Où se situe Bruxelles par rapport à d'autres villes belges et qu'ont mis en place les bons élèves ?

### INTRODUCTION

Nous avons vu ci-dessus que le RBC est très en retard par rapport aux autres pays et aux autres régions belges dans le développement du photovoltaïque.

Cependant, la Région de Bruxelles-Capitale est avant tout une ville avec des caractéristiques urbanistiques très différentes de celles d'une région ou d'un pays. Il conviendrait dès lors de la comparer à d'autres villes, belges ou étrangères, et d'analyser les facteurs qui peuvent influencer les différences de pénétration du PV, si différence il y a.

Qu'ont mis les bons élèves en place pour obtenir les résultats qui sont les leurs ? Les solutions sont-elles reproductibles en RBC ?

Voilà autant de questions auxquelles nous aimerions répondre. Malheureusement, malgré des investigations dans la littérature scientifique et auprès de Energy Cities, de BE et de Brugel, il ne semble pas qu'un classement des villes en termes de déploiement du photovoltaïque existe. Nous allons donc en construire une.

La revue de la littérature ne nous a pas non plus permis de trouver d'autres indicateurs de comparaison que celui de la puissance installée par habitant proposée par Eur'Observer. Nous verrons si cet indicateur est pertinent ou si d'autres ne se prêteraient pas mieux à l'exercice.

### MÉTHODE

Comme pour la segmentation, nous allons procéder à une étude des traces et allons réaliser un croisement des données statistiques.

Il est bien entendu impossible de faire le tour de toutes les villes du monde pour les comparer. Nous appliquerons donc la méthode de l'entonnoir en visant les pays les plus développés en termes de photovoltaïque. Nous analyserons ensuite les plus grandes villes et les classerons par le nombre de Wc par habitant. Enfin, nous analyserons les raisons qui ont permis aux villes mieux classées que la RBC d'être là où elles en sont aujourd'hui.

### DISPONIBILITÉ DES DONNÉES

Les données statistiques régionales belges relatives au parc PV ainsi qu'à la population sont facilement accessibles via les sites de Brugel, Cwape et Energiesparen d'une part, et celui de Statbel ou Ibsa d'autre part. Elles datent toutes du 31/12/2017.

Pour les villes étrangères, nous avons procédé à une sélection de pays. Elle est décrite en annexe 5. La recherche de statistiques sur internet n'ayant rien donné, des e-mails ont été adressés aux instituts de statistiques PV locaux<sup>14</sup>, mais sans succès. Par manque de temps, nous avons choisi de ne pas insister, mais une analyse au niveau international mériterait d'être engagée, peut-être par le biais d'un nouveau mémoire. Pour l'heure, nous nous limiterons donc au périmètre belge.

---

<sup>14</sup> « Strom-report » (Allemagne), « Gestore dei Servizi Energetici (GSE) » (Italie) et « Institute for Sustainable Energy Policies (ISEP) » (Japon).

En Belgique, les villes qui ont été sélectionnées sont les deux plus grandes villes de Wallonie et de Flandre en termes de population ainsi que Namur, à la demande de Monsieur Huart, et Courtrai, réputée pour son fort développement PV.

## RÉSULTATS

### Le marché dans son ensemble

La littérature scientifique ne nous ayant pas proposé d'indicateur, un premier classement a été réalisé sur base de l'indicateur utilisé par EurObserv'ER au niveau européen, celui de la puissance installée par habitant (Wc/hab).

TABLEAU 8 : PUISSANCE INSTALLÉE PAR HABITANT ET PAR VILLE

1. Wc/habitant							
Villes	Population	Puissance installée (MWc)	Puissance installée par habitant (Wc/hab)	Autres villes par rapport à la RBC	Territoire (ha)	Densité population (# hab/km2)	Inverse du rapport de densité
RBC	1 198 726	63,29	52,80	100%	16 138	7 428	100%
Anvers	523 248	65,84	125,83	238%	20 451	2 558	290%
Courtrai	76 265	25,17	330,03	625%	8 002	953	779%
Gand	260 341	62,83	241,34	457%	15 618	1 667	446%
Charleroi	201 816	15,15	75,07	142%	10 208	1 977	376%
Liège	197 355	14,55	73,73	140%	6 939	2 844	261%
Namur	110 939	23,14	208,60	395%	17 569	631	1176%

Sources : Statbel, Brugel, Cwape, Energiesparen (2018)

D'après la colonne « puissance installée par habitant », la RBC semble très en retard sur ses voisines. Un regard plus attentif nous permettra, en comparant Bruxelles aux villes flamandes, de constater que les taux relatifs d'adoption du PV selon ce critère (« autres villes par rapport à la RBC ») sont inversement proportionnels à la densité de population (« inverse du rapport de densité »).

Cela confirme les résultats de l'étude de De Groot (et al., 2016) sur le parc flamand donc nous avons parlé au chapitre sur la segmentation. Cela semble logique dans la mesure où une même superficie de toit devra être partagée par un nombre plus grand de ménages.

Il semble donc plus réaliste de considérer les surfaces disponibles plutôt que le nombre d'habitants, ce qui donne le tableau suivant.

TABLEAU 9 : PUISSANCE INSTALLÉE PAR m<sup>2</sup> ET PAR VILLE

2. Wc/m2 de territoire (bâti ou non)							
Villes	Territoire (ha)	Territoire bâti (ha)	Puissance installée (MWc)	Puissance installée par m2 (Wc/m2)	Autres villes par rapport à la RBC	Puissance installée par m2 bâti (Wc/m2)	Autres villes par rapport à la RBC
RBC	16 138	7 703	63,29	0,39	100%	0,82	100%
Anvers	20 451	5 623	65,84	0,32	82%	1,17	142%
Courtrai	8 002	2 426	25,17	0,31	80%	1,04	126%
Gand	15 618	5 620	62,83	0,40	103%	1,12	136%
Charleroi	10 208	4 213	15,15	0,15	38%	0,36	44%
Liège	6 939	2 619	14,55	0,21	53%	0,56	68%
Namur	17 569	3 944	23,14	0,13	34%	0,59	71%

Sources : Statbel, Brugel, Cwape, Energiesparen (2018)

Un premier calcul prend en compte la superficie totale de la ville et indique que la RBC se trouve en bonne position. Cependant, toutes les surfaces ne sont pas bâties, comme c'est le cas des parcs et de la Forêt de Soignes. Un second calcul ne tient donc compte que des surfaces bâties au sol et fait

l'hypothèse que les superficies des toits sont égales aux superficies bâties au sol ou que leurs proportions sont les mêmes dans chaque ville.

Ceci nous montre à nouveau l'avance des villes flamandes, mais elle est moins marquée qu'avec l'indicateur « Wc/habitant ». Cependant, un même nombre de m<sup>2</sup> doit être réparti sur plusieurs ménages puisque la densité de population est plus grande à Bruxelles.

Refaisons donc le calcul en tenant compte cette fois de la puissance installée par m<sup>2</sup> dévolu à chaque ménage.

TABLEAU 10 : PUISSANCE INSTALLEE PAR SUPERFICIE BATIE DEVOLU A CHAQUE HABITANT ET PAR VILLE

3. Wc/superficie bâtie dévolue à chaque habitant						
Villes	Population	territoire bâti (ha)	Puissance installée (MWc)	Surface bâtie dévolue à chaque habitant (m <sup>2</sup> /hab)	Puissance installée par m <sup>2</sup> dévolu à chaque habitant (Wc.hab/m <sup>2</sup> )	Autres villes par rapport à la RBC
RBC	1 198 726	7 703	63,29	64,26	984 969	100%
Anvers	523 248	5 623	65,84	107,47	612 654	62%
Courtrai	76 265	2 426	25,17	318,14	79 116	8%
Gand	260 341	5 620	62,83	215,86	291 072	30%
Charleroi	201 816	4 213	15,15	208,76	72 573	7%
Liège	197 355	2 619	14,55	132,70	109 645	11%
Namur	110 939	3 944	23,14	355,54	65 089	7%

Sources : Statbel, Brugel, Cwape, Energiesparen (2018)

Pour autant que ce calcul ait du sens, Bruxelles arrive largement en tête.

On pourrait ensuite s'intéresser au nombre d'installations plutôt qu'à la puissance installée et la comparer au nombre de bâtiments disponibles. Le nombre d'installations nous semble en effet un meilleur indicateur de la motivation des habitants (résidentiels ou non).

TABLEAU 11 : NOMBRE D'INSTALLATIONS PV PAR RAPPORT AU NOMBRE DE BATIMENTS ET PAR VILLE

#### 4. # installations / # bâtiments

Villes	# installations	# bâtiments	# installations par 1000 bâtiments	Autres villes par rapport à Bruxelles
RBC	3 783	194 611	19,44	100%
Anvers	5 396	125 964	42,84	220%
Courtrai	3 571	34 247	104,27	536%
Gand	6 629	94 004	70,52	363%
Charleroi	2 616	94 885	27,57	142%
Liège	2 770	67 546	41,01	211%
Namur	3 761	39 658	94,84	488%

Sources : Statbel, Brugel, Cwape, Energiesparen (2018)

Selon cet indicateur, Courtrai et Namur arrivent en tête, très loin devant Bruxelles. Cependant, nous avons vu que le taux d'adoption est inversement proportionnel à la densité de population. Hors le concept de « bâtiment » recouvre une notion de densité. Plus les bâtiments sont densément peuplés, plus la superficie exploitable par ménage pour installer du PV est petite. La superficie résiduelle pourrait même être trop petite pour envisager une installation PV.

Pour le marché dans son ensemble, les indicateurs qui paraissent les plus pertinents sont donc les indicateurs N° 2 (Wc par superficie bâtie) et n°3 (Wc par superficie bâtie dévolue à chaque habitant).

Ces indicateurs mélangent cependant les segments résidentiels et ceux des entreprises privées et publiques qui ont des profils et des installations très différents, ne serait-ce que par leur puissance. De plus, nous avons vu précédemment que les 3 régions connaissent des répartitions très différentes de la puissance installée et du nombre d'installations entre les particuliers et les entreprises, ce qui ne permet pas vraiment la comparaison. Comme nous nous intéressons au segment des particuliers, voyons quels indicateurs sont les plus pertinents et quelles sont les informations qu'ils pourraient nous livrer.

### Le marché des particuliers

Le tableau ci-dessous nous montre le classement des villes sur base de la puissance installée < 10 kWc par rapport à la superficie de maisons en propriété individuelle.

TABLEAU 12 : PUISSANCE INSTALLEE (INFERIEURE A 10 kWc) PAR RAPPORT A LA SUPERFICIE DES MAISONS EN PROPRIETE INDIVIDUELLE ET PAR VILLE

5. Puissance installée <= 10 kWc / superficie de maisons en propriété individuelle					
Villes	Puissance installée (MWc)	Superficie des parcelles de maisons (ha)	Puissance installée <= 10 kWc par m2 de maison (parcelle) (Wc/m2)	Autres villes par rapport à la RBC	
RBC	11,30	2 894	0,39	100%	
Anvers	19,23	1 907	1,01	258%	
Courtrai	14,13	1 490	0,95	243%	
Gand	25,56	2 640	0,97	248%	
Charleroi	15,15	2 319	0,65	167%	
Liège	14,55	1 322	1,10	282%	
Namur	23,14	2 769	0,84	214%	

Sources : Statbel, Brugel, Cwape, Energiesparen (2018)

Ici aussi Bruxelles est très en retard et ce sont Liège et les villes flamandes qui sortent du lot.

Ce calcul se base cependant sur deux hypothèses. La première est que les installations < 10kWc se retrouvent chez la même proportion de ménages (vs entreprises) dans chaque ville. La seconde postule que la proportion bâtie des parcelles est la même dans chaque ville. Pour Bruxelles, nous avons cependant pu constater de grandes disparités entre communes, lors de notre question de recherche sur le potentiel de production de notre segment cible. Il est dès lors probable que de telles disparités existent entre les villes.

TABLEAU 13 : NOMBRE DE MENAGES DISPOSANT D'UNE INSTALLATION PV ET PAR VILLE

### 6. # installations <10kWc /ménages

Villes	# installations	# ménages	% des ménages avec PV
RBC	3 454	549 411	1%
Anvers	5 211	235 614	2%
Courtrai	3 496	33 406	10%
Gand	6 500	120 483	5%
Charleroi	2 616	91 464	3%
Liège	2 770	100 985	3%
Namur	3 761	51 384	7%

Sources : Statbel, Brugel, Cwape, Energiesparen (2018)

Quand on reprend le nombre d'installations et qu'on le compare au nombre de ménages, c'est à nouveau Courtrai, suivie de Namur qui prend la tête. On a cependant constaté que si la densité de population est plus grande, les ménages ont moins de m<sup>2</sup> à leur disposition et que la surface résiduelle n'est peut-être plus suffisante pour permettre l'installation de panneaux. Cet indicateur peut donc être entaché d'un biais lié à la densité de population.

L'indicateur le plus pertinent est donc probablement le rapport entre le nombre d'installations (<10kWc) et le nombre de maisons. Le chapitre consacré à la segmentation nous renseigne d'ailleurs sur la pénétration plus grande du PV sur les maisons individuelles. Cela nous donne le tableau suivant :

TABLEAU 14 : NOMBRE DE MAISONS DISPOSANT D'UNE INSTALLATION PV ET PAR VILLE

7. # installations <10 kWc/ # maisons en propriété individuelle

Villes	# installations	# maisons*	% de maisons avec PV
RBC	3 454	127 935	3%
Anvers	5 211	83 487	6%
Courtrai	3 496	27 391	13%
Gand	6 500	74 770	9%
Charleroi	2 616	69 181	4%
Liège	2 770	51 326	5%
Namur	3 761	31 447	12%

Sources : Statbel, Brugel, Cwape, Energiesparen (2018)

Comme pour les deux indicateurs précédents, on part de l'hypothèse que la proportion des petites installations dans le résidentiel (vs entreprises) est la même dans chaque ville. Avec cet indicateur-ci on suppose également que les petites installations résidentielles sur des maisons (vs appartements) le sont aussi dans les mêmes proportions. On voit à nouveau Courtrai et Namur sortir du lot.

Il nous semble qu'en dehors de l'indicateur n°3 qui est favorable à Bruxelles, ce sont les indicateurs n°2 (Wc par m<sup>2</sup> bâtis) pour l'ensemble du parc et n°7 (# petites installations par maison) pour le segment résidentiel qui permettent le mieux une comparaison entre les villes. Le premier basé sur la puissance installée indique une avance des villes flamandes. Le second, basé sur le nombre d'installations, également, mais dans une moindre mesure. Il met surtout Courtrai et Namur à l'honneur.

Il conviendrait donc de s'intéresser à la Flandre et en particulier à Courtrai, et par la suite à Namur.

### Comparaisons sociodémographiques

Nous avons vu, lors de la segmentation, que les caractéristiques sociodémographiques étaient un indicateur du taux de pénétration du PV, et en particulier le régime de propriété, le revenu, le niveau d'éducation et l'âge.

TABEAU 15 : COMPARAISON SOCIODÉMOGRAPHIQUE DES VILLES

Villes	% de maisons avec PV	Classement	% de propriétaires occupants	Classement	Revenu moyen (€)	Classement	Age moyen	Classement	% diplôme supérieur	Classement
Région de Bruxelles-Capitale	3%	7	38,81	7	13 980	6	37,48	7	35,27	2
Anvers	6%	4	52,13	4	15 718	4	39,83	6	25,6	6
Courtrai	13%	1	67,83	1	18 632	1	42,5	1	31,1	4
Gand	9%	3	50,4	5	18 235	2	40,02	5	36,1	1
Charleroi	4%	6	55,5	3	13 020	7	40,03	4	16,1	7
Liège	5%	5	48,56	6	14 503	5	40,45	3	28,6	5
Namur	12%	2	55,78	2	17 806	3	41,13	2	31,6	3

Source : Censuses 2011. Statbel.

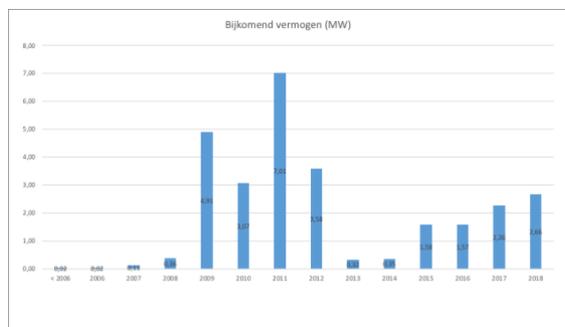
Si l'on compare le pourcentage de maisons équipées de PV (indicateur 7) aux 4 critères énumérés ci-dessus, on constate effectivement une corrélation, surtout avec le pourcentage de propriétaires occupants et avec le revenu : la majorité des villes garde sa position (en vert), à une place près (en jaune). Notons que les moyennes utilisées sont pour l'ensemble du parc de bâtiments et de la population, et ne concernent pas uniquement les maisons. Par ailleurs, si les positions sont conservées, les proportions ne le sont pas. Ainsi, Bruxelles a environ 2 fois moins de propriétaires occupants que Courtrai, mais 4 fois moins de maisons équipées. Le retard sur l'indicateur 7 est donc toujours réel.

### Le cas de la Flandre

Sur l'ensemble des indicateurs on constate une avance de la Flandre et en particulier de Courtrai. Quels facteurs pourraient expliquer cette avance ?

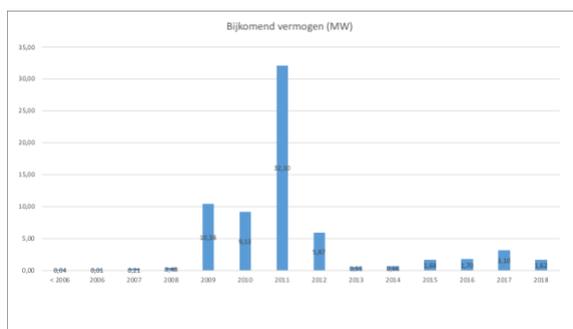
Au niveau de la puissance installée les courbes des 3 villes montrent des évolutions semblables, avec une concentration des installations entre 2009 et 2012.

FIGURE 9 : PUISSANCE INSTALLEE ADDITIONNELLE A COURTRAI



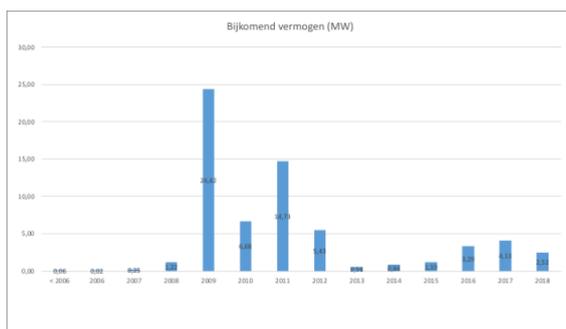
Source : Energiesparen (2018)

FIGURE 10 : PUISSANCE INSTALLEE ADDITIONNELLE A ANVERS



Source : Energiesparen (2018)

FIGURE 11 : PUISSANCE INSTALLEE ADDITIONNELLE A GAND

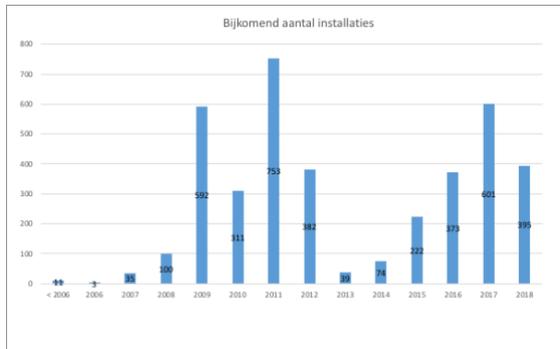


Source : Energiesparen (2018)

Paradoxalement, c'est Courtrai qui a repris les plus belles couleurs depuis 2014 alors que les indicateurs de puissance installée la placent derrière ses voisins. Ces courbes tiennent cependant compte également de la puissance installée par les entreprises.

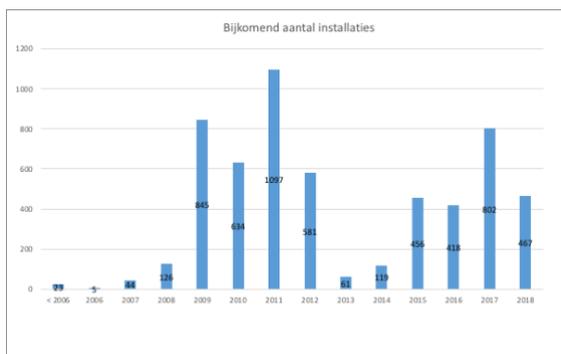
Au niveau du nombre d'installations de petite taille (<10 kWc), les courbes sont des copies presque parfaites les unes des autres.

FIGURE 12 : NOMBRE D'INSTALLATIONS ADDITIONNELLES (<10kWc) À COURTRAI



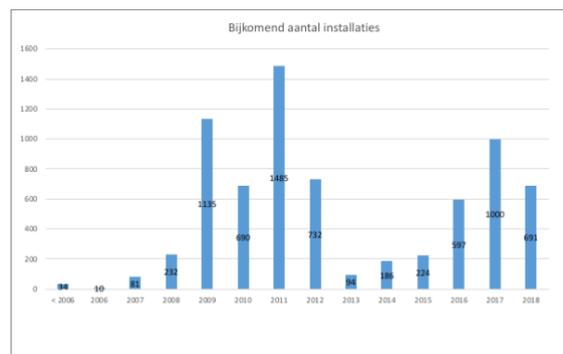
Source : Energiesparen (2018)

FIGURE 13 : NOMBRE D'INSTALLATIONS ADDITIONNELLES (<10kWc) À ANVERS



Source : Energiesparen (2018)

FIGURE 14 : NOMBRE D'INSTALLATIONS ADDITIONNELLES (<10kWc) À GAND



Source : Energiesparen (2018)

La similitude entre ces graphes indique la prédominance de la politique régionale voire fédérale dans le développement du PV en Flandre.

En 2004, le gouvernement fédéral a accordé un crédit d'impôt de 40% aux individus investissant dans les énergies renouvelables, y compris le PV. Ce programme a été arrêté en 2011. En parallèle, le gouvernement a garanti, entre 2009 et 2011, une bonification d'intérêt de 1,5% et une réduction d'impôts sur les intérêts résiduels des emprunts réalisés. De son côté le gouvernement flamand a octroyé des CV dès 2006 au prix de 450 € par MWh sur 20 ans. A partir de 2010, la valeur des CV a progressivement diminué et le système a été aboli en 2014 (De Groot et al., 20016). Ces éléments peuvent certainement rendre compte du 1<sup>er</sup> pic observé à cette époque.

Les communes ont aussi subsidié les installations PV mais dans une mesure « considérablement » plus faible, pour reprendre l'expression de De Groot.

Plus récemment, c'est la politique de communication du Ministre Tommelein, associée à la baisse du coût d'investissement du matériel qui a payé (Renouveau 2017). Selon Mr Steurs (2018), Bart Tommelein, en poste depuis avril 2016, profite de chacune de ses apparitions publiques pour mettre

en avant l'intérêt et la rentabilité du PV, même si celle-ci est moindre qu'avant. Par ailleurs, là où les maisons sont plus basses, les panneaux sont plus visibles et encouragent l'adoption (Steurs, 2018). C'est une illustration locale de « l'effet de l'entourage » que la revue de la littérature a mis en avant au chapitre sur les freins et les motivations, et qui serait le critère de décision le plus important (Parkins et al., 2018).

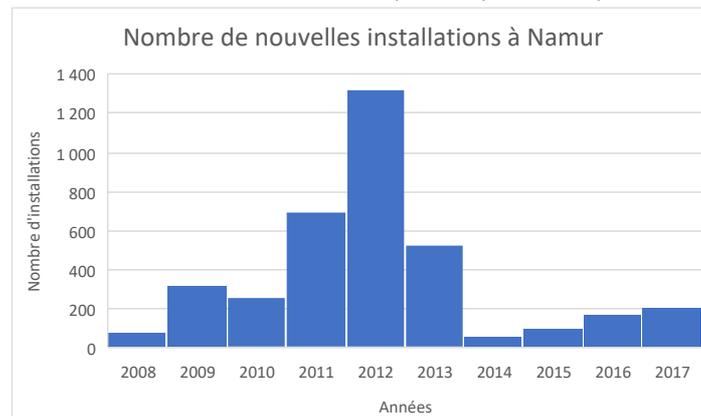
Ces éléments viennent donc confirmer le rôle prépondérant des subsides comme facteur d'influence dans l'adoption du PV, ainsi que de la communication et de l'effet de l'entourage. La structure du bâti et les caractéristiques sociodémographiques font vraisemblablement le reste.

Nous avons voulu interroger Energiesparen pour connaître leur point de vue sur la question. Nous n'avons malheureusement pas eu de retour à ce sujet.

### Le cas de Namur

Les courbes namuroises en nombre d'installations (< 10 kVA) et en puissance installée suivent exactement la même évolution. Elles sont également identiques à celles de la Région Wallonne (voir annexe 6).

FIGURE 15 : NOMBRE D'INSTALLATIONS ADDITIONNELLES (< 10 kVA) À NAMUR (2008 – 2017)



Source : Cwape

En 2008, la Région Wallonne a mis en place le mécanisme de soutien Solwatt (certificats verts).

« En avril 2013, après une longue période d'attente et d'incertitude du secteur, l'exécutif wallon a annoncé la sortie du photovoltaïque résidentiel du mécanisme des certificats verts ». (Edora)

A partir de mars 2014, Solwatt a été remplacé par Qualiwatt, un système de primes. Depuis juillet 2018, il a été abrogé et la Région Wallonne ne soutient plus les nouvelles installations photovoltaïques.

On peut en conclure que, comme en Flandre, l'évolution du parc PV est étroitement liée aux subsides, lesquels sont régionaux. La bonne position de Namur s'explique donc probablement par les caractéristiques sociodémographiques et celles de son bâti. De plus, Namur, comme Courtrai, a une plus faible densité de population et vraisemblablement des toits plus bas et plus visibles, ce qui peut créer un effet d'entraînement (« peer effect »). Nous avons voulu interroger l'échevin de l'Environnement à Namur, pour savoir si des actions particulières avaient été entreprises localement et s'il s'expliquait le succès de sa ville. A nouveau, nous n'avons pas obtenu de réponse.

## LIMITES DE LA MÉTHODE

Les régions comptabilisent différemment les installations PV. Là où Bruxelles et la Flandre tiennent compte des kWc installés, la Wallonie mesure les kVA. Pour permettre la comparaison, nous avons pris l'hypothèse simpliste que 1 kVA = 1 kWc, ce qui a pu entraîner un biais qui devrait toutefois être limité. Par ailleurs, Brugel précise que la puissance mentionnée est celle des panneaux et non pas celle de l'onduleur, tandis qu'Energiesparen n'en dit rien. Peut-être ne comparons-nous pas tout-à-fait les mêmes choses.

Le nombre total d'installations en Wallonie n'ayant pu être trouvé, nous n'avons considéré que les installations inférieures ou égales à 10kVA, qui sont cependant les plus nombreuses (selon Apere). Ce biais n'a toutefois pas eu d'impact sur la bonne position de Namur. Cet indicateur n'a toutefois pas été retenu.

Certaines données ont dû être extrapolées à partir d'autres. Il en va ainsi de la puissance installée totale en Wallonie, déduite à partir de la puissance installée <10 kVA dont elle représente 83% (Apere). La même extrapolation est faite en RBC où la puissance des petites installations représente 17,85% de la puissance totale (Apere).

Les calculs ont entraîné beaucoup de traitements manuels pour consolider les informations provenant des différentes sources en un fichier unique. Il se peut donc que des erreurs soient survenues au cours de ces manipulations.

Le choix des indicateurs est le résultat d'une réflexion strictement personnelle. Des indicateurs plus pertinents ont peut-être été oubliés.

Enfin, les analyses des indicateurs n'ont pas été soumises à l'avis de tiers plus aguerris sur ces matières lors de débats contradictoires. Elles sont donc susceptibles d'être critiquées.

## CONCLUSION

La comparaison entre pays, proposée par EurObserv'ER et reprise par Brugel montre que la RBC est très en retard sur les régions et pays voisins en terme de puissance installée par habitant. La RBC étant avant tout une ville avec ses spécificités en termes de bâti, il nous a semblé opportun d'analyser sa performance à l'aune d'autres villes.

Malgré un classement des pays pour déterminer lesquels seraient susceptibles d'accueillir les villes les plus avancées, nous n'avons pu obtenir les informations statistiques nécessaires à une comparaison internationale. Sur le plan belge par contre, les informations sur le bâti et le PV étant suffisantes, nous avons pu comparer Bruxelles avec 6 grandes villes : Anvers, Courtrai, Gand, Charleroi, Liège et Namur.

Des analyses de l'ensemble du parc, les indicateurs nous qui nous ont semblé les plus intéressants comparent, d'une part, la puissance installée par m<sup>2</sup> bâtis, où les villes flamandes sont celles qui tirent le mieux leur épingle du jeu, et d'autre part, la puissance installée dévolue à chaque habitant, où Bruxelles est la meilleure élève.

Au niveau du parc résidentiel, c'est le nombre de maisons équipées de petites installations (<10 kWc) qui nous a paru l'indicateur le plus représentatif de la réalité. Ici, ce sont Courtrai et Namur qui sortent en tête.

On le voit, ces indicateurs nous donnent des résultats très contrastés.

Comme les villes flamandes sont plutôt mieux classées, nous nous sommes donc penchés sur les raisons qui ont amené la Flandre et en particulier Courtrai sur les plus hautes marches du podium. Il ressort clairement de l'analyse de l'évolution de leurs parcs, qui est la même pour chaque ville, autant en puissance installée qu'en nombre d'installations, que ce sont surtout les subsides octroyés par le gouvernement fédéral et le gouvernement régional qui ont influencé l'adoption du PV au nord du pays. Une communication positive du ministre de l'environnement flamand pourrait expliquer la reprise observée à partir de 2016. Nous supposons que le « peer effect » vient compléter le tableau, surtout dans les quartiers où les toits sont visibles de la rue. Ces deux derniers points mériteraient toutefois d'être approfondis. Le même constat peut être faite pour Namur.

On le voit, subsides, communication et probablement « peer effect » ont été le moteur du développement du PV en Flandre et à Namur, ce qui confirme les facteurs d'influence identifiés préalablement.

## 5. Promotion : mesures d'accompagnement des candidats acquéreurs

### 5.1 État de l'art

#### INTRODUCTION

Au chapitre sur les motivations et freins des particuliers, il est ressorti que les facteurs d'influence les plus importants étaient les subsides, pour faciliter l'accès à l'investissement et permettre la rentabilité de l'installation, ainsi que la communication de l'entourage et des médias, pour rendre plus accessible une technologie complexe, se substituer à l'impossibilité de test et créer un cadre de confiance autour du produit. Nous avons également vu l'importance du « neighbouring effect » et du démarchage sur le développement du PV.

Nous allons voir à présent quelles sont les réponses que les pouvoirs publics bruxellois ont apportées pour contourner les freins mentionnés et renforcer les facteurs d'influence. Seules les sources grises peuvent nous donner un éclairage relatif à ce sujet.

#### SUBSIDES

##### Primes

Au niveau **fédéral**, depuis l'exercice d'imposition 2014, et à l'exception de l'isolation de la toiture, plus aucune déduction fiscale n'est possible pour les travaux réalisés en vue d'économiser de l'énergie (Ministère des finances).

Au niveau **régional**, le photovoltaïque n'est plus soutenu par les primes énergies depuis 2016 (BE, 2018). Le succès de ces primes grevait en effet les finances publiques. Elles ont été maintenues dans une forme très limitée de 2009 à 2014 avant un arrêt définitif (Hance, 2018).

De plus, à partir de 2020, le principe de compensation disparaîtra. L'injection du surplus d'électricité ne se fera plus à son prix d'achat (environ 0,22 à 0,24 €/kWh) mais à un prix très inférieur (entre 0,02 et 0,05 €/kWh) (Hance, 2018). Dans son configurateur, l'Apere anticipe ce montant à 0,03 €/kWh.

Au niveau **communal**, si certaines communes offrent des primes environnementales, elles le font le plus souvent en complément des aides octroyées par la région. Aucune ne propose de soutien particulier à l'installation des panneaux photovoltaïques (Saudoyer, 2018).

Il n'y a donc plus de primes pour soutenir cette technologie.

##### Prêt vert bruxellois

Le prêt vert Bruxellois, instauré en juin 2008, est un prêt à taux très faible à destination des ménages, dans certaines limites de revenus. Il concerne les travaux en matière d'amélioration énergétique des logements et oscille entre 0 et 2%. Ce prêt a été ouvert au photovoltaïque en septembre 2017 pour faciliter son acquisition.

Le financement peut atteindre 25.000€ par an et par unité de logement.

Pour être éligible, et selon que l'on souscrive à un crédit à la consommation via le Crédal ou à un crédit hypothécaire via le Fonds du logement (FDL), les revenus nets imposables du ménage doivent être inférieurs ou égaux aux montant indiqués ci-dessous :

TABLEAU 16 : PLAFOND DES REVENUS POUR L'OBTENTION DU PRÊT VERT BRUXELLOIS

	Isolé	Ménage avec 1 revenu imposable	Ménage avec 2 revenus imposables
Crédal (0 à 1%)	47.501€	73.890€	73.890€
Fonds du Logement (0 à 2%)	47.501€	58.056€	73.890€

Source : Homegrade 2018

Une majoration de 5.278€ par personne fiscalement à charge (max 4 pers. ) est également prévue.

Le taux appliqué par le Crédal est de 0% pour un isolé dont le revenu est inférieur ou égal à 30.000€ ou pour un couple dont le revenu est inférieur ou égal à 60.000€. Au-delà, un taux de 1% s'applique (Picard, 2018).

La durée d'un crédit à la consommation via le Crédal est légalement limitée selon le montant emprunté. Pour du PV, elle ne pourra pas dépasser 48 mois étant donné que le coût d'une installation chez les particuliers est en général inférieure à 10.000 € (Crédal, 2018).

Le taux pratiqué par le FDL est de 0% pour les revenus inférieurs ou égaux à 15.000 €. Au-delà, le taux est égal au montant des revenus multiplié par 2 et divisé par 68.612. Ce qui implique que pour les revenus supérieurs à 68.612€, le taux est supérieur à 2%. La durée de remboursement est de 30 ans maximum et ne semble pas connaître d'autres limites (Picard, 2018).

### Certificats verts

Depuis 2009, l'aide financière principale pour soutenir l'adoption du PV est le certificat vert. Chaque producteur d'électricité dont l'installation a été certifiée par Brugel, reçoit pendant 10 ans une compensation pour sa contribution à la réduction des émissions de gaz à effet de serre. C'est ce qu'on appelle les « Certificats verts (CV) ». Ils sont obtenus en fonction de la quantité d'électricité produite :

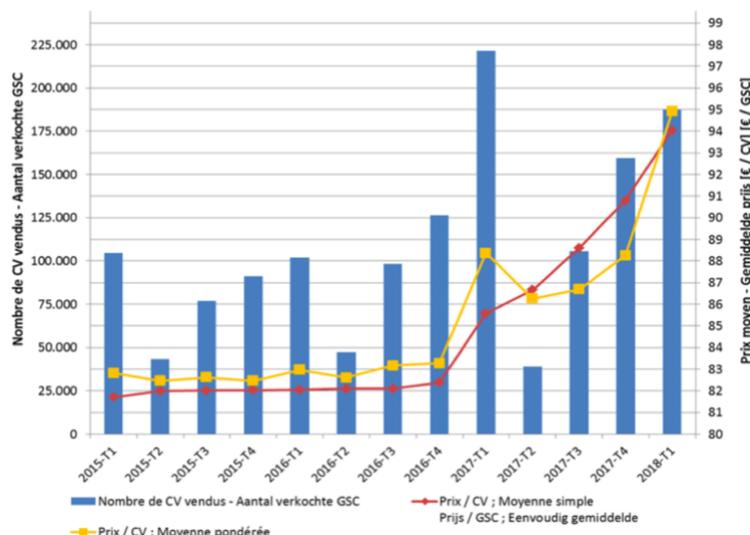
TABLEAU 17 : TAUX D'OCTROI DES CV

Puissance de l'installation	Taux d'octroi de base (# CV par MWh produit)	Coefficient multiplicateurs	Taux d'octroi de CV (# CV par MWh produit)
Pe ≤ 5 kWc	1,81	1,65	3
Pe > 5 kWc	1,81	1,32	2,4

Source : Brugel 2018

Les CV peuvent ensuite être revendus aux fournisseurs. Ceux-ci sont en effet dans l'obligation d'en racheter pour pouvoir en rentrer chaque année un nombre déterminé auprès de Brugel. Dans l'éventualité où les fournisseurs auraient tous atteints leur quota, les producteurs ont toutefois la garantie de pouvoir vendre leurs CV à Elia au prix minimum unitaire de 65€ (Elia, 2018). Les CV sont financés par chaque consommateur d'électricité Bruxellois, qu'il dispose d'une installation PV ou pas. Ci-dessous, l'évolution du nombre de CV vendus et du prix des CV en RBC depuis 2015.

FIGURE 16 : ÉVOLUTION DU NOMBRE DE CV VENDUS ET DU PRIX DES CV



Source : Brugel

Vu la baisse constante du prix des installations, Brugel a proposé de nouveaux coefficients multiplicateurs qui doivent encore être approuvés par la ministre de tutelle. Si la proposition est acceptée, cela donnera le taux d’octroi suivant :

TABEAU 18 : TAUX D’OCTROI DES CV AVEC NOUVEAUX COEFFICIENTS MULTIPLICATEURS

Puissance de l’installation	Taux d’octroi de base	Coefficient multiplicateurs	Taux d’octroi de CV (# CV par MWh produit)
Pe ≤ 5 kWc	1,81	1,32	2,4
Pe > 5 kWc	1,81	0,98	1,78

### Tiers investisseur

Le tiers investisseur est une formule dans laquelle un tiers finance l’installation photovoltaïque du bénéficiaire et se rentabilise en touchant les certificats verts. Le propriétaire évite donc les coûts d’investissement et l’occupant profite directement de la baisse de sa facture d’électricité.

Bruxelles Environnement, en partenariat avec Sibelga et l’entreprise EnergyVision (Brusol) a mis sur pied un système de tiers investisseur pour les bâtiments du secteur public qui a rencontré un franc succès auprès des administrations bénéficiaires. D’ici 2020, le programme aura installé 150 installations PV sur des bâtiments publics. Il n’existe pas d’équivalent pour le secteur des particuliers.

Pour ce segment de marché, des tiers-investisseurs privés ont cependant fait leur apparition. Ils visaient au départ les grandes toitures afin de pouvoir y déployer un maximum de panneaux et obtenir un maximum de CV, pour une rentabilité plus grande. Avec la démocratisation du coût des installations PV, ces sociétés privées, telles que Brussels Energy et Brusol, commencent à investir le marché des particuliers.

## INFORMATION ET GUIDANCE

### Homegrade

Homegrade est un service gratuit proposé aux particuliers. Il consiste à aider les ménages dans l'amélioration de leur logement, de répondre à leurs questions en matière d'isolation ou de chauffage par exemple et de les accompagner, le cas échéant, dans leurs démarches administratives. La réduction de la facture énergétique grâce à l'installation de panneaux photovoltaïques fait partie de leurs domaines d'expertise.

Ce service, disponible depuis le 16 février 2017, est le résultat de la fusion du Centre Urbain et des Maisons de l'Énergie qui fournissaient déjà ce genre d'aide aux citoyens.

### Facilitateur du bâtiment durable

Le Facilitateur du bâtiment durable (FBD) est également un service gratuit d'accompagnement des professionnels du bâtiment et des copropriétés de plus de 6 unités d'habitation, lors de la conception et de la mise en œuvre de leurs projets. Ce service est supporté par une équipe de spécialistes dont l'expertise couvre l'utilisation rationnelle de l'énergie, les bâtiments à haute performance énergétique, les énergies renouvelables, la cogénération et les pompes à chaleur ainsi que l'environnement. Il vise à limiter l'impact des travaux sur l'environnement, de générer des économies d'énergie et d'améliorer le confort et le bien-être des occupants.

Les entreprises susceptibles de faire appel à eux sont aussi bien des bureaux d'architectes pour le compte de tiers que des syndicats d'immeubles, des petits indépendants ou des entreprises commerciales.

### Réseau Habitat

Le Réseau habitat est un réseau de maisons de quartier subsidiées par la RBC et situées dans 9 communes bruxelloises. L'objectif de ce réseau est de fournir des conseils gratuits en rénovation aux habitants de ces communes pour améliorer la qualité du bâti et revitaliser les quartiers. Les conseils en matière d'énergie en font partie. Les conditions pour pouvoir bénéficier de ce service sont d'avoir un logement situé dans un « Espace de Développement Renforcé du Logement et de la Rénovation (EDRLR) » et d'être en situation précaire.

### Contrats types

Afin de faciliter juridiquement l'accès des locataires ou des copropriétaires au PV en précisant les droits et devoirs de chacun, Bruxelles Environnement a rédigé des contrats types disponibles sur son site web.

## COMMUNICATION

### Site Web

Bruxelles environnement dispose d'un site web <https://environnement.brussels> facile à trouver à partir de n'importe quel moteur de recherche. Elle y fournit une série d'informations sur le photovoltaïque.

A l'instar d'autres villes de Belgique et d'Europe, une toute nouvelle carte solaire à destination des Bruxellois a été mise en ligne le 14 novembre 2018. Elle permet à chacun de visualiser le potentiel de sa toiture et calcule le coût et les gains optimaux d'une installation photovoltaïque.



Source : Bruxelles Environnement

D'autres informations techniques et pratiques sont disponibles sous le thème « énergie » du site web.

### Campagne média

Une campagne « coupole » régionale intitulée « *Pour le climat, dessinons un autre avenir* » a été lancée en 2017 pour sensibiliser les Bruxellois (particuliers et entreprises) aux changements climatiques et aux actions possibles pour y faire face.



Source : Bruxelles Environnement

Des clips vidéo, notamment sur le « photovoltaïque », « Homegrade » et le « Prêt vert bruxellois », publiés dans la presse audiovisuelle, permettent « de faire le lien entre les différents thèmes de l'énergie et l'approche régionale de lutte contre le changement climatique » (Site BE, 2017).

### Facebook

Un site Facebook (<https://www.facebook.com/Climate.brussels/>) a été, et est toujours le relais de cette campagne de pub. Les vidéos peuvent y être consultées.

## CONCLUSION

Une série d'aides aux candidats acquéreurs sont proposées tant sur le plan financier que sur le plan de l'accompagnement. De plus BE met à disposition du public un large éventail d'informations sur le PV via son site web et Facebook et a lancé une campagne « climat » pour sensibiliser le public au lien entre énergie et lutte contre le changement climatique.

Pourtant le développement du photovoltaïque n'a pas pris la trajectoire escomptée. Se pourrait-il que ces aides soient mal connues ou qu'elles ne répondent pas réellement aux besoins des Bruxellois ?

Il serait intéressant de mesurer le ciblage et le succès de ces différentes aides. Ce sera l'objet de notre **5<sup>ème</sup> question de recherche**.

La mesure de la rentabilité d'une installation et de l'impact du prêt (vert) sur l'investissement sera traitée au chapitre suivant.

## 5.2 Cinquième question de recherche : Quelle est la pénétration des aides à l'accompagnement des consommateurs ?

### INTRODUCTION

Nous venons de faire le tour des aides mises à disposition des consommateurs potentiels par les pouvoirs publics. Cela va des informations publiées sur le site de Bruxelles Environnement, aux aides financières pour rendre l'investissement accessible et rentable, en passant par les conseils prodigués gratuitement par des spécialistes du photovoltaïque.

Malgré ces différents services, cette filière ne semble pas décoller en RBC. L'hypothèse que nous formulons ici est qu'ils sont soit peu connus du grand public, soit mal adaptés au public cible.

### MÉTHODE

Pour évaluer le taux de pénétration de ces services auprès de leur public cible, nous avons interrogé les principaux organes dispensateurs de ces services via des questionnaires qualitatifs, comme nous l'avons déjà précisé lors de notre 1<sup>ère</sup> question de recherche. Nous avons aussi utilisé la méthode des « traces » en utilisant des données de l'Ibsa, de Facebook et des banques classiques.

Aux interviews de Jimmy Saudoyer de Homegrade, de Nathanaël Hance et de Dirk Steurs de Bruxelles Environnement, nous avons ajouté celui de Quentin Picard, responsable du prêt vert et de Magali Henrard, du service communication, tous deux chez Bruxelles Environnement. Par ailleurs, les statistiques du Facilitateur du bâtiment durable ont été mises à notre disposition ainsi qu'une enquête Ipsos sur la notoriété des aides proposées. Il n'a malheureusement pas été possible de rencontrer de tiers investisseur.

### ANALYSE

#### Le prêt vert Bruxellois

Selon les statistiques de revenu de l'Ibsa, 635.431 déclarations fiscales (2015) avaient un revenu net imposable inférieur ou égal à 40.000€ dont 110.083 dans les communes porteuses. En première approximation et en considérant que toutes ces déclarations sont celles d'individus en couple, cela nous donne un total de 317.716 ménages dont les revenus étaient inférieurs ou égaux à 80.000 €, (valeur proche du plafond pour être éligible au prêt vert) en RBC et de 55.042 pour les 6 communes cibles.

TABLEAU 19 : NOMBRE DE DÉCLARATIONS AVEC UN REVENU NET IMPOSABLE <= 40.000 € PAR COMMUNE

Communes	Revenu net imposable ≤ 40.000 €
Anderlecht	64 128
Auderghem	15 585
Berchem-Sainte-Agathe	11 859
Bruxelles	97 731
Etterbeek	24 676
Evere	20 092
Forest	30 329
Ganshoren	12 524
Ixelles	54 947

Jette	26 555
Koekelberg	11 064
Molenbeek-Saint-Jean	49 995
Saint-Gilles	31 052
Saint-Josse-ten-Noode	16 348
Schaerbeek	70 322
Uccle	41 034
Watermael-Boitsfort	12 194
Woluwe-Saint-Lambert	27 295
Woluwe-Saint-Pierre	17 701
<b>Région de Bruxelles-Capitale</b>	<b>635 431</b>

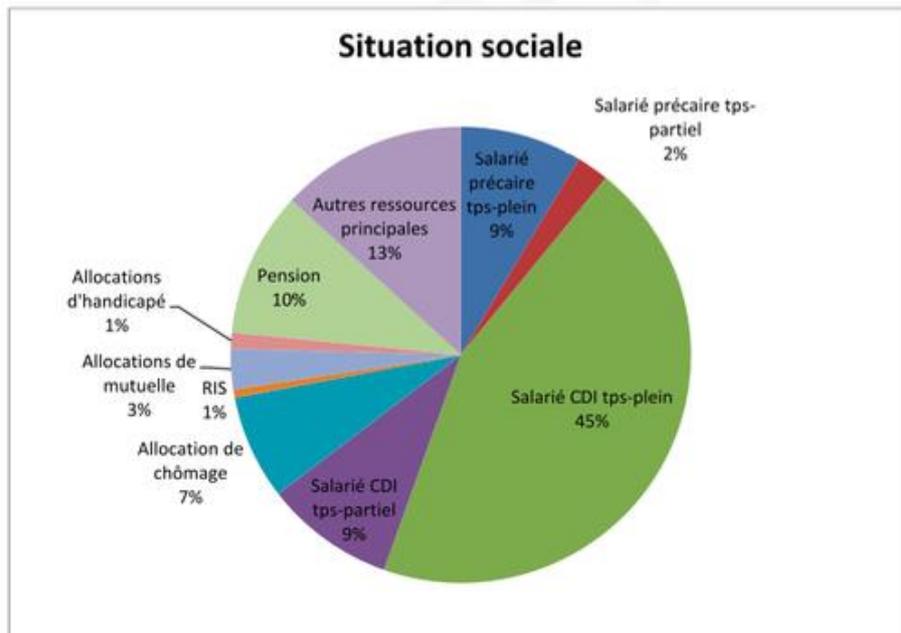
Source : Ibsa

Depuis sa création et jusqu'à juillet 2018 inclus, 1.132 personnes (ou ménages) y ont souscrit, principalement pour des travaux relatifs à l'isolation (toit, murs, sol), le vitrage et le chauffage (Picard, 2018). A l'échelle de la RBC, les demandes représentent environ 0,36% du public cible visé par le prêt vert. Elles sont assez stables dans le temps avec une légère hausse de la moyenne annuelle depuis 5 ans. Aucun locataire n'y a fait appel à ce jour.

Comme le montre le graphique suivant, ce sont encore majoritairement les ménages les plus précaires qui y ont recours (55%), mais l'élévation récente du plafond de revenu a permis d'atteindre des ménages plus stables (45%).

FIGURE 17 : RÉPARTITION DES TYPES DE REVENUS POUR LES PERSONNES AYANT BÉNÉFICIÉ D'UN PRÊT VERT BRUXELLOIS

Pour la période du 01/01/2017 au 30/11/2017, voici la répartition des types de revenus pour les personnes ayant bénéficié d'un prêt vert bruxellois.



Source : Bruxelles Environnement

Depuis l'élargissement des conditions d'octroi et l'extension de l'aide au photovoltaïque en 2017, seule une dizaine de ménages l'ont sollicité à cette fin auprès du Crédal et aucune auprès du FDL (Picard). Et cela, malgré les vagues de la campagne « couple » (voir « campagne média ») de septembre 2017 et d'avril 2018.

Il est cependant vraisemblable que les propriétaires de maisons individuelles ou d'immeubles de rapport ont des revenus supérieurs. Or, à partir d'un montant de 68.612 €, le taux pratiqué par le fonds du logement est supérieur à 2% et donc supérieur aux prêts proposés par les banques classiques, qui se situent entre 1,55 et 2% (voir annexe 7). Il est donc probable que de manière générale, via le FDL ou le Crédal, ce prêt soit mal adapté à notre public cible dont les revenus sont probablement supérieurs aux plafonds établis. Ce segment n'est simplement pas l'objectif du PVB.

Une enquête Ipsos<sup>15</sup> réalisée en 2017 et mise à notre disposition par BE démontre par ailleurs un manque de notoriété du prêt vert : 78% des Bruxellois n'en connaissent pas l'existence. La vague « prêt vert » de la campagne coupole a été relancée en septembre avec la même vidéo que dans les éditions précédentes. On peut se demander si une même « cause » pourra produire d'autres effets cette fois.

### Certificats verts

Les certificats verts sont le passage obligé pour tout prosommateur qui veut maximiser la rentabilité de son investissement. Nul doute qu'ils soient donc utilisés par tous ses bénéficiaires potentiels. Cependant, les CV jouissent d'une mauvaise image auprès de ceux qui n'ont pas encore de PV à cause du « neighbouring effect » négatif généré par l'éclatement de leur bulle au Nord comme au Sud du pays et communiquée par les médias (Saudoyer, 2018 ; Tieterickx, 2018). Par ailleurs, il s'agit d'un système assez complexe qui impose au prosommateurs de revendre ses CV sur un marché.

Il existe d'autres systèmes de « rémunération » de la production des prosommateurs, tels que les Feed-in tariffs (FIT), en vigueur en Allemagne (Sahu, 2015), où c'est l'état qui les finance sans passer par un marché. C'est un système plus simple pour les prosommateurs. Le système Allemand est celui qui s'est montré le plus stable en Europe et celui qui devrait être encouragé (De Boeck et al., 2016).

Il est tentant de penser que recourir aux FIT permettrait de réduire la complexité du système et de résoudre le problème d'image des CV (et de la filière PV) auprès de l'opinion publique. Sans une étude plus poussée, nous ne pouvons l'affirmer. Cette analyse pourrait faire l'objet d'une autre recherche.

### Tiers investisseur

Il n'a pas été possible de rencontrer de tiers investisseur pour en connaître le succès. La presse se fait cependant l'écho de la crainte que ce type de montage financier engendre chez les particuliers, tout en tentant de les rassurer.

Le 12 septembre dernier, RTL.be a publié un article intitulé : *"Une société me propose d'installer GRATUITEMENT des panneaux solaires sur mon toit", se méfie Samir: pourquoi est-ce possible à Bruxelles? »*

La DH quant-à-elle publiait le 27 septembre « *Des panneaux solaires sur votre toit pour 0 €: non, ce n'est pas une arnaque ! »*

Monsieur Saudoyer de Homegrade confirme cette crainte des particuliers qui trouvent cette solution trop belle pour être vraie. BE également. Elle a même publié un article à ce sujet sur son site pour rassurer de la légalité de la pratique tout en invitant les intéressés à être attentifs au choix des matériaux ainsi qu'aux termes du contrat (Henrard, 2018). Cette solution reste néanmoins moins

---

<sup>15</sup> Un biais dans cette étude a récemment été identifié et implique de relativiser les chiffres mentionnés.

rentable que l'investissement direct. Elle n'est donc pas forcément nécessaire pour ceux qui, dans notre segment cible, ont des moyens suffisants.

Notons que Brugel a proposé une baisse des coefficients multiplicateurs. Elle doit encore être approuvée par la Ministre de l'Environnement. Il serait intéressant d'évaluer l'impact de cette baisse sur le succès futur des tiers investisseurs.

### Homegrade

Les services de Homegrade sont disponibles pour tous les ménages bruxellois (environ 573.000). Un service de première ligne répond aux questions par téléphone ou e-mail. Les questions nécessitant un approfondissement sont envoyées aux conseillers. Ceux-ci peuvent faire des visites chez les particuliers ou animer des AG de copropriétés. L'accompagnement technique des communs est délégué au FBD. La mission principale de Homegrade est de répondre aux demandes des gens. Ils n'ont pas pour fonction de les démarcher. Cependant des prospectus « toute boîte » sont distribués par Bruxelles Environnement, leur structure faîtière (Saudoyer, 2018).

Homegrade reçoit environ 10.000 contacts annuels, tous services confondus, via son guichet ou par téléphone. Ce chiffre ne représente toutefois pas le nombre de personnes les appelant ou celui de dossiers à traiter, car plusieurs contacts peuvent être générés par une seule personne (Saudoyer, 2018).

Les chiffres précis pour le photovoltaïque ne sont pas connus car auparavant les demandes PV n'étaient pas comptabilisées. En première approximation, et uniquement sur base des titres des demandes introduites, on estime à 35 le nombre de demandes pour le PV en 2017 et à 65 en 2018 (Saudoyer, 2018). Ces chiffres sont très faibles eu égard au nombre de demandeurs potentiels.

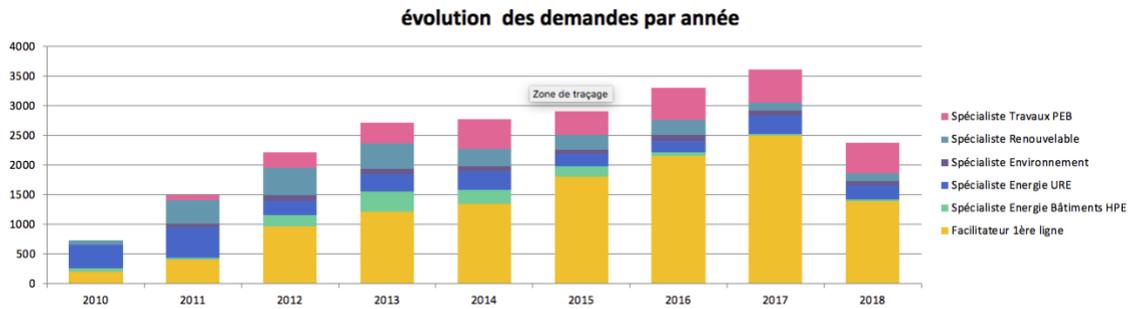
L'enquête Ipsos mentionnée plus haut indique un manque de notoriété de Homegrade, inconnu de 66% des Bruxellois. Un vague de la campagne régionale « *Pour le climat, dessinons un autre avenir* » dédiée à Homegrade vient d'être lancée en novembre pour y palier (Henrard, 2018).

### Le Facilitateur du bâtiment durable

Les services du FBD visent les copropriétés de plus de 6 unités de logements et surtout les professionnels du bâtiment, agissant pour compte de tiers, sans que l'on sache si les tiers sont des entreprises ou des particuliers. Il est donc difficile d'estimer la taille du public cible potentiel ou son adéquation avec le segment favorable au PV, que nous avons identifié plus haut.

Comme nous le montre la figure ci-dessous, le nombre de demandes a cru de manière constante depuis sa création.

FIGURE 18 : ÉVOLUTION DES DEMANDES AUPRÈS DU FACILITATEUR DU BÂTIMENT DURABLE



Source : BE 2018

Elles ont surtout été le fait d’architectes et de bureaux d’étude (47%) devant les copropriétés (11%), les administrations publiques (10%) et les entreprises commerciales (5%).

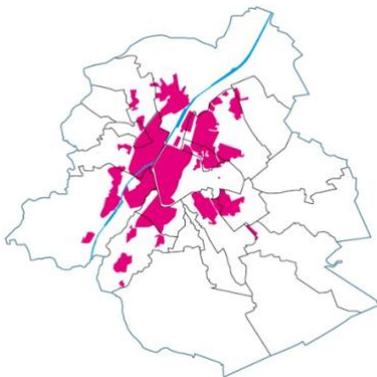
Les demandes concernant spécifiquement le PV sont passées de 17% en 2011 et 2012 à moins de 4% à partir de 2014 (BE). Cela coïncide avec la chute du nombre installations faites par les entreprises (voir figure 5).

### Réseau habitat

Le Réseau Habitat est destiné aux ménages précarisés dans les EDRLR. La carte de gauche, ci-dessous, reprend les zones où il est possible de profiter des services du Réseau Habitat. La carte de droite, reprend les communes où le PV est le mieux accueilli.

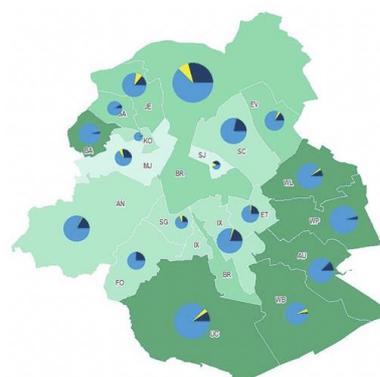
FIGURE 19 : CARTES DES BENEFICIAIRES DU RH ET DES COMMUNES FAVORABLES AU PV

Communes visées par le réseau Habitat (en fuchsia)



Source : Homegrade

Communes porteuses pour le PV (vert foncé)



Source Brugel

Les bénéficiaires du RH sont donc très éloignés du profil du segment le plus favorable au PV. Pour reprendre la courbe de diffusion des nouvelles technologies, ce service vise surtout à transformer des « retardataires » en « adoptants » potentiels, pour le PV en tout cas, ce qui est louable mais certainement plus lent à réaliser.

### Contrats types

Les contrats types, développés pour faciliter la répartition des responsabilités dans une copropriété, pourraient être utiles aux propriétaires bailleurs de notre segment cible, dont on verra plus loin si la

rentabilité leur est assurée par les CV ou non. Pour le reste, ils sont également plutôt destinés aux « retardataires » pour les transformer en « adoptants » potentiels, et ne s'adressent pas à notre cible.

### Site Web

Des informations techniques et pratiques sur le PV sont disponibles sur le site web.

Malheureusement, elles sont assez difficiles d'accès. Il faut naviguer sur une série de pages successives pour y arriver :

« Thèmes/énergie/énergie\_verte/produire\_votre\_propre\_énergie\_verte/photovoltaïque ». Il existe également un site « climat.environnement.brussels » renseigné dans les différents média utilisés lors de la campagne coupole, et qui ramène à la page « photovoltaïque » mentionnée ci-dessus, mais qui n'est pas accessible depuis la homepage de BE.

Un recherche dans la « homepage » sur le mot « photovoltaïque » propose une série d'items, mais ils ne sont pas classés par date. La page photovoltaïque, de même que la carte solaire, n'apparaissent qu'en fin de 2<sup>ème</sup> page de résultats.

Les statistiques de visite de la page « photovoltaïque » du site web nous sont inconnues. Cette page étant relativement difficile d'accès, on peut supposer que son impact sur l'adoption du PV est minime.

La carte solaire, qui se trouvait en première page lors de son lancement le 14 novembre, n'y est déjà plus, chassée par des nouvelles plus fraîches. C'est toute la difficulté de BE qui doit communiquer sur un grand nombre de thèmes, qui ne peuvent donc pas tous se retrouver en 1<sup>ère</sup> page (Henrard, 2018). Étant donné que la carte vient seulement d'être lancée, il est trop tôt pour connaître le succès de cet outil et son impact réel sur le déploiement du PV en RBC.

Suite à l'annonce du lancement de la carte, les médias ont publié des articles à ce sujet. Dès les premières lignes, le journal « Le Soir » invite le lecteur à lire un autre article sur la fin de la compensation intitulé « *A Bruxelles, les propriétaires de panneaux devront passer à la caisse* », qui vient mettre un frein à l'engouement potentiel des lecteurs pour la carte. Les commentaires des internautes sont également assez négatifs (voir annexe 8). Il ne s'agit que d'un article et que de quelques lecteurs, mais peut-être est-ce symptomatique de l'état d'esprit dans lequel se trouvent les médias francophones et l'opinion publique à l'égard du PV et des pouvoirs publics. Une analyse plus poussée des messages véhiculés par les médias, de type « sentiment analysis<sup>16</sup> » par exemple, de son évolution dans le temps et de son impact serait intéressante et pourrait faire l'objet d'une nouvelle étude.

### Flyers

Lors de notre entretien avec Dirk Steurs, un média que nous n'avons pas identifié est apparu. Il s'agit d'un flyer développé suite à l'étude de Dedicated Research sur les freins et motivations des particuliers. Ce flyer insiste sur les gains économiques et la rentabilité des installations PV, identifiés comme les motivations principales des prosommateurs. Il a été distribué lors de foires commerciales

---

<sup>16</sup> « En informatique, l'opinion mining (aussi appelé **sentiment analysis**) est l'analyse des **sentiments** à partir de sources textuelles dématérialisées sur de grandes quantités de données (*big data*) » (Wikipédia).

telles que Batibouw, et vient d'être repris sur le site de BE, mais n'a pas fait l'objet d'une campagne média particulière (Steurs, 2018). Le nombre de flyers distribués n'a pas été mesuré.

### Campagne média

La campagne coupole lancée en 2017 a pour vocation de faire comprendre aux gens que la baisse des consommations d'énergie est un moyen de lutter contre le CC, et de montrer l'action de BE dans ce domaine. Elle a traité de différents sujets (PV, prêt vert, Homegrade,...) lors de différentes vagues.

Le résultat est plutôt mitigé dans la mesure où le lien entre énergie et climat n'est pas forcément réalisé. Pour ce qui est de l'impact direct de la campagne sur l'adoption du photovoltaïque, il est difficile à estimer, car le message doit d'abord percoler dans l'esprit des gens qui ne se souviendront plus forcément que leur décision d'achat vient de cette campagne (Henrard, 2018).

Cette campagne, peu concrète, n'est pas un réel appel à l'action. C'est ce sur quoi BE devrait travailler à l'avenir (Steurs, 2018). La carte solaire semble être un premier pas dans cette direction. Elle sera d'ailleurs suivie par une campagne de communication spécifique vers mars avril 2019 (Steurs, 2018 ; Henrard, 2018).

Sur le site web, plus aucune des vidéos de la campagne n'était encore accessible au 17/11/18. Elles le sont encore sur Facebook.

### Facebook

Les vidéos mises en ligne en parallèle de la campagne de presse « *Pour le climat, dessinons un autre avenir* » ont eu des succès très variés, comme l'indique le tableau suivant.

TABLEAU 20 : NOMBRE DE VISITES DES VIDEOS DE LA CAMPAGNE COUPOLE

Thème	Date de mis en ligne	Nombre de visites (FR)	Nombre de visites (NL)
Prêt vert	5 mai 2017	94	41
Photovoltaïque	23 mai 2017	9.400	10.000
Panneaux solaires	31 mai 2018	181.000	81.000
Homegrade	14 novembre 2018	38	46

Source : page Facebook de BE

La vidéo sur les panneaux solaires a été visionnée plus de 260.000 fois depuis le mois de mai, par environ 110.000 personnes différentes (Henrard, 2018), en plus des diffusions à la télévision.

La RBC comptait 3.631 installations au 30 juin 2017 (Brugel, 2017), époque du lancement de la campagne. Elle en totalisait 3.980 au 30 juin 2018, date des dernières statistiques connues (Brugel, 2018). La différence de 349 unités, entreprises comprises, ne reflète donc pas le nombre de visionnage des vidéos. Par ailleurs, ce ne sont que 106 unités de plus que pendant la période allant de juin 2016 et juin 2017, sans campagne, qui elle-même en comptait 95 de plus qu'entre juin 2015 et juin 2016. La progression annuelle n'a donc pas beaucoup évolué. L'impact de la campagne ne semble par conséquent pas encore établi à ce jour. Mais peut-être le message doit-il encore pénétrer les esprits.

Cela confirme que la campagne coupole, via les différents canaux, n'avait pas pour vocation un appel à l'action mais plutôt un positionnement de Bruxelles sur les enjeux climatiques. On peut par ailleurs

se demander si Facebook est le canal d'information privilégié des gens qui investissent dans du PV. Une analyse des canaux d'information du public cible ne rentre pas dans ce travail mais pourrait être étudiée.

## Résumé

Voici ci-dessous un résumé des programmes d'action et de leur succès.

TABLEAU 21 : NOTORIETE ET SUCCES DES DIFFERENTS PROGRAMMES D'AIDE

Programme	Ciblage du segment porteur	Notoriété	Utilisation/Impact (pour le CV)
Prêt vert	Difficile à dire, mais probablement pas	Inconnu de 78% des gens	10 demandes en 1 an
CV	Oui	Problème d'image à cause du « neighbouring effect »	Oui
Tiers investisseurs privé	Oui, mais pas forcément nécessaire	Méfiance des particuliers	Information non trouvée. N'en est qu'à ses débuts.
Homegrade	Oui	Inconnu de 66% des gens	< 65 demandes d'info en 2018 (au 12/10)
FBD	Indirect	Non relevant	< 4% des demandes depuis 2014
RH	Non	Non relevant	Non relevant
Site Web	Oui, mais accès à l'information difficile	Information non trouvée	Information non trouvée
Carte solaire	Oui	Trop tôt pour le dire	Trop tôt pour le dire
Flyers	Oui	Probablement très faible car distribués uniquement lors de foires. Nombre de flyers distribués non mesuré.	Difficile à évaluer. Surtout de la sensibilisation.
Campagne média	Non, surtout un positionnement de BE sur le CC	Information non trouvée	Faible. Surtout de la sensibilisation.
Facebook	Non, surtout un positionnement de BE sur le CC	110.000 visiteurs distincts pour la vidéo sur le PV	Faible. Surtout de la sensibilisation.

## LIMITES DE LA MÉTHODE

Dans plusieurs chapitres, nous nous sommes appuyés sur les interviews d'experts. La première difficulté dans la réalisation d'enquêtes réside dans l'identification de ces experts, et peut-être avons-nous négligé certains acteurs clés. Ensuite, il faut arriver à les convaincre, ce qui n'est pas chose aisée comme nous l'ont montré les différents refus que nous avons essayés.

Certains des intervenants, bien que très collaboratifs, n'avaient pas forcément de temps à nous consacrer à ce moment. Nous avons donc dû nous contenter de questionnaires directifs envoyés par e-mails. Cela ne nous a pas permis d'avoir des conversations ouvertes qui auraient peut-être pu ouvrir le champ de la réflexion.

Enfin ces questionnaires ont été rédigés en fonction des connaissances acquises au moment de leur rédaction. Il n'est pas certain qu'ils seraient encore construits de la même manière aujourd'hui.

Pour en revenir à ce chapitre en particulier, il s'est limité aux aides proposées par les pouvoirs publics, exception faite du tiers investisseur. Or il existe d'autres aides à l'investissement telles que les coopératives, par exemple. Par ailleurs, BE n'est pas la seule à communiquer. Les installateurs et la presse le font également. Ces aspects n'ont pas été traités parce que ces sujets sont très vastes. Nous avons cependant vu l'importance des médias dans la sensibilisation et l'acceptation d'une technologie complexe par la population. Nous avons aussi vu l'effet négatif que les articles et les reportages sur l'éclatement de la bulle des CV en Wallonie et en Flandre ont eu sur la perception des Bruxellois. Il serait donc intéressant de mesurer l'activité de la presse, qu'elle soit positive ou négative, et d'en déterminer l'impact. Ceci pourrait faire l'objet d'un nouveau sujet de mémoire, comme nous l'avons déjà souligné.

## CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons parcouru les aides mises à disposition des particuliers, principalement par les pouvoirs publics, pour les aider à franchir le pas de l'adoption du PV. Ces aides s'attachent à renforcer les facteurs d'influence que sont les subsides et la communication (par la publicité et l'accompagnement des particuliers) pour lever une partie des barrières identifiées au chapitre 3, en offrant un meilleur accès à l'investissement et une meilleure compréhension de la technologie PV.

Nous avons pu constater que ces aides étaient le plus souvent peu connues des habitants de la RBC, comme c'est le cas pour le PVB ou Homegrade, par exemple. De plus, elles ne sont pas forcément ciblées vers le public porteur, c'est-à-dire les propriétaires de maisons individuelles des 6 communes identifiées. Par ailleurs, certains programmes, tels que les CV et le tiers investisseurs jouissent d'une mauvaise image auprès du public. Enfin, et surtout, nous n'avons rien trouvé qui indique que des dispositifs pour renforcer l'effet de l'entourage (« peer effect ») aient été développés, alors que cela semble l'un des facteurs d'influence les plus importants dans l'adoption du PV (Parkins et al., 2018). Il n'existe pas non plus d'activité de démarchage actif, le moyen qui pousse le plus à l'achat, comme l'indiquait Rai (2015).

Une adaptation des aides au public cible, assortie de messages plus concrets et ciblés de la part de BE et du développement d'une stratégie « peer effect » et de démarchage, en lien peut-être avec les pouvoirs locaux, sont autant de pistes de réflexion possibles pour les pouvoirs publics.

## 6. Prix et rentabilité

### 6.1 État de l'art

#### PARAMÈTRES DE RENTABILITÉ

Différents mécanismes interviennent pour garantir la rentabilité des installations PV. Nous allons les parcourir.

##### Revente des Certificats Verts

Rappelons que les Certificats verts (CV) sont une compensation pour la contribution à la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Chaque MWh produit à partir d'une installation PV donne droit à un certain nombre de CV. Ceux-ci seront ensuite revendus sur le marché de l'électricité. Le prix de revente actuel d'un CV est de 90,7€. Le prix minimum garanti est de 65€.

Pour calculer le nombre de CV auquel un prosommateur a droit, on multiplie la production générée par l'installation (MWh) par un taux de base fixe (1,81) et un coefficient multiplicateur variable. Le nombre de CV obtenus diffère selon que l'installation a une puissance inférieure ou égale, ou strictement supérieure à 5kWc. Ce qui nous donne le tableau suivant pour 2018.

Puissance de l'installation	Taux d'octroi de base	Coefficient multiplicateurs	Taux d'octroi de CV (# CV par MWh produit)
Pe ≤ 5 kWc	1,81	1,65	3
Pe > 5 kWc	1,81	1,32	2,4

Les coefficients sont en cours de réévaluation à 1,32 et 0,98 pour 2019, ce qui donnerait des taux d'octroi de 2,4 et 1,8 CV par MWh produit.

##### Réduction de la facture d'électricité

Une installation PV produit de l'électricité qui peut être directement consommée. C'est ce qu'on appelle l'« autoconsommation ». Naturellement, les panneaux ne produisent que si l'intensité lumineuse est suffisante. Les consommations de nuit, qui commencent tôt en hiver, ne sont donc pas produites par le système et doivent être prélevées sur le réseau. Il en résulte que la consommation prélevée ne sera jamais nulle, mais elle sera réduite par rapport à la situation sans PV. Le prosommateur fera donc un gain sur sa facture d'électricité.

##### Revente du surplus de production

Quand la surface du toit le permet, une installation est souvent paramétrée de manière à ce que la production qu'elle générera soit équivalente à la consommation du ménage qui l'utilise. Or, nous avons vu qu'une partie des consommations se fait de nuit et doit être prélevée sur le réseau. La production journalière est donc excédentaire par rapport aux besoins en journée. Ce surplus de production peut-être réinjecté et revendu sur le réseau.

Avec le système actuel de « compensation », la partie réinjectée sur le réseau fait tourner le compteur à l'envers et vient en déduction de la facture d'électricité. Cela revient à revendre son surplus de production au prix d'achat de l'électricité, qui se situe autour de 0,22 à 0,24 €/kWh.

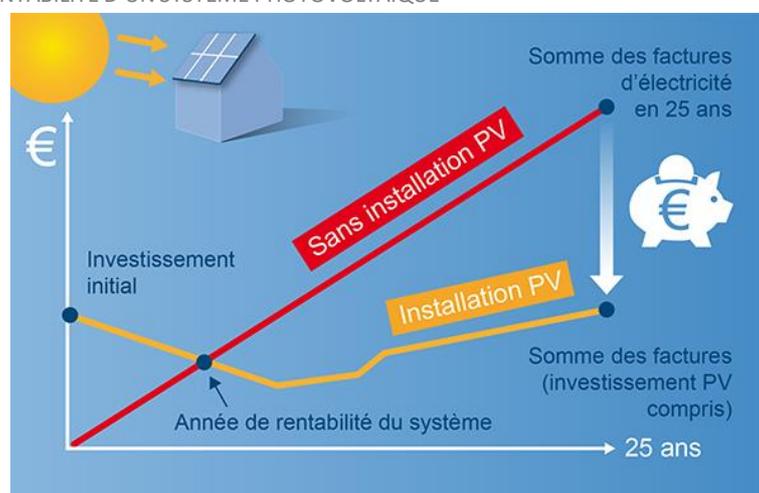
Au bout d'un an, on fait le bilan des prélèvements et des injections, et seule la différence est facturée.

Le solde étant faible, le prosummateurs contribue très peu aux coûts fixes du réseau alors qu'il l'a utilisé plus que les consommateurs classiques. Les frais fixes sont donc à charge des ceux qui ont le moins utilisé le réseau, ce qui leur occasionne un surcoût. Ce système ayant été jugé trop inégalitaire, il sera abandonné courant 2020. A ce moment, le compteur ne tournera plus à l'envers. Le surplus de production pourra être revendu au coût de la partie « électricité » de la facture, soit environ 0,03€/kWh selon l'Apere.

## RENTABILITÉ

Le temps de retour sur investissement est le temps nécessaire pour que le total des gains générés par un investissement soit supérieur au total des coûts de cet investissement.

FIGURE 20 : RENTABILITÉ D'UN SYSTÈME PHOTOVOLTAÏQUE



Source : Apere

Selon l' « Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale relatif à la promotion de l'électricité verte » du 17 décembre 2015 (Moniteur belge), Brugel a l'obligation de garantir des coefficients multiplicateurs tels qu'ils assurent un temps de retour sur investissement de 7 ans.

Les coefficients multiplicateurs sont calculés comme suit (Brugel 2018):

$$\text{Coefficient } t = \frac{(\text{invest}_{PV} - \text{primes}_{PV}) / (7 \times 0.8) - \text{prix}_{\text{dec}}}{(\text{prix}_{CV} / 0.55)}$$

où « invest<sub>PV</sub> » est le prix moyen des installations. Il ne tient donc pas compte de la variabilité entre des valeurs minimales et maximales et ne concerne donc pas tout le parc. En outre, pour les installations > 5kWc, il prend en compte toutes les installations, y compris celles des gros complexes

(industries, entreprises), ce qui fait baisser la moyenne<sup>17</sup>. Il ne représente donc pas la réalité dans le cas de productions résidentielles  $\leq 10\text{kWc}$ .

Il comprend les coûts de l'installation (y compris le compteur), de la pose et du raccordement. Il ne comprend pas les coûts en amont tels que la mise en état de la toiture, ni les coûts en aval d'entretien. Selon les projections, le coût devrait être de 1.700€ /kWc pour les installations  $\leq 5\text{kWc}$  et de 1.250 pour les autres au premier semestre 2019 (Brugel 2018).

« Primes<sub>p<sub>v</sub></sub> » sont aujourd'hui inexistantes, c'est-à-dire nulles.

« Prix<sub>elec</sub> » est la valorisation de l'électricité due à un moindre prélèvement grâce à un taux d'autoconsommation fixé à 30%. Il tient compte de la moyenne des prix les plus faibles des principaux fournisseurs pour une consommation de 3.500 kWh. Le taux d'autoconsommation utilisé est de 30%.

« Prix<sub>cv</sub> » est la moyenne pondérée du prix de revente des CV. Il est actuellement de 90,7€. Il s'agit donc à nouveau d'une moyenne. Il n'envisage pas les fluctuations éventuelles et une chute possible à 65€, le minimum garanti.

« 7 » représente le temps de retour en années. « 0,8 » représente une productivité des panneaux de 800 kWh/kWc, ce qui semble en deçà de la réalité. Les installations mises en service en 2015 avaient une productivité de 810 kWh/kWc et elle ne cesse de s'améliorer.

Enfin, ce retour sur investissement de 7 ans est calculé pour une personne qui profite à la fois de la revente des CV et des gains sur la facture et sur l'injection. Il est donc vraisemblablement destiné à un propriétaire occupant son bien.

## CONCLUSION

Selon l'Arrêté de la RBC sur l'électricité verte, Brugel à l'obligation de garantir un retour sur investissement de 7 ans. Cependant, ce retour de 7 ans ne vise que les installations des propriétaires occupants, sur base d'une série de moyenne, pour une consommation annuelle de 3.500 kWh et du prix actuels des CV.

Nous pensons donc utile d'évaluer la rentabilité de systèmes installés dans des conditions moins favorables, comme des petites consommations et des petites surfaces de toit. Il serait aussi opportun de voir si les gains réalisés sur la facture d'électricité peuvent compenser le remboursement d'un prêt, qu'il soit financé par la région ou par une banque commerciale. Enfin, dans l'hypothèse où la RBC arrêterait l'octroi de CV, comme c'est le cas dans les régions voisines, il serait intéressant d'estimer ce qu'il adviendrait de cette rentabilité.

Ce sera notre **6<sup>ème</sup> question de recherche**.

---

<sup>17</sup> Le prix par kWc d'une installation diminue avec l'augmentation de la puissance installée (Brugel 2018)

## 6.2 Sixième question de recherche : La rentabilité est-elle garantie pour tous ?

### INTRODUCTION

La rentabilité garantie des installations PV en 7 ans ne tient compte que de moyennes, pour une consommation de 3.500 kWh, au prix actuel des CV, pour un propriétaire occupant. Nous allons voir ce qu'il en est de cette rentabilité pour des installations aux conditions moins favorables telles que des petites toitures, des petites consommations, le prix minimum des CV ou enfin l'absence de gains sur la facture ou à la revente pour un propriétaire bailleur.

### MÉTHODE

Il existe différents simulateurs de prix pour calculer le coût et la rentabilité d'une installation photovoltaïque. Ainsi, l'Apere et les installateurs en ont mis à disposition du grand public via leur site web.

Les simulateurs commerciaux étant souvent succincts, il est difficile de connaître toutes les hypothèses utilisées. On peut aussi raisonnablement penser qu'ils sont destinés à convaincre les visiteurs de leur passer commande. Ils n'offrent donc pas la meilleure garantie d'objectivité.

Le site de l'Apere n'a pas de visée commerciale et est le plus transparent. Certaines hypothèses restent toutefois difficile d'accès ou quelque peu dépassées (ex : rendement des panneaux de 130 Wc/m<sup>2</sup>).

Dans tous les cas, ces outils sont difficiles à manœuvrer si l'on veut valider plusieurs profils différents. Nous allons donc produire un simulateur qui reprendra les hypothèses les plus fréquemment rencontrées. Il a été partiellement vérifié par Bruxelles Environnement. De plus, une même configuration a été testée sur ce simulateur et celui de l'Apere. Les résultats diffèrent mais sont explicables pour la plupart et valident l'essentiel des formules. Cette comparaison se trouve en annexe 9.

### INDICATEURS DE RENTABILITÉ D'UN INVESTISSEMENT

Pour mesurer la rentabilité d'un investissement, il existe trois mesures principales.

#### Valeur actualisée nette (VAN)

C'est la mesure du gain net de l'investissement au bout de la période choisie. Elle totalise l'ensemble des gains actualisés, c'est-à-dire rapporté à la valeur actuelle de l'argent considérant un certain risque, et en déduit l'ensemble des investissements actualisés. Elle se mesure donc en tenant compte de l'inflation et de l'actualisation et doit être positive pour que l'investissement soit rentable.

#### Taux de retour interne (TRI)

Le taux de retour interne est le taux d'actualisation qui générerait une VAN nulle. « *Ce taux correspond au taux de rentabilité minimum que l'investissement devrait rapporter pour compenser son coût initial. En dessous de ce taux, l'investissement coûtera plus cher que ce qu'il peut rapporter, le contraire est vrai aussi.* » (Compta-online.com). Il doit être supérieur au taux d'actualisation pour que l'investissement soit intéressant. Il se mesure avant inflation et actualisation.

## Temps de retour

Le temps de retour sur investissement est le nombre d'années nécessaires pour que les gains cumulés dépassent l'investissement initial. En l'absence de formule dans Excel, nous ferons la somme des investissements divisée par la moyenne des gains. Ce calcul biaisera un peu le temps de retour sur 25 ans puisque les gains ne sont pas constants mais qu'ils sont beaucoup plus importants les 10 premières années grâce aux CV.

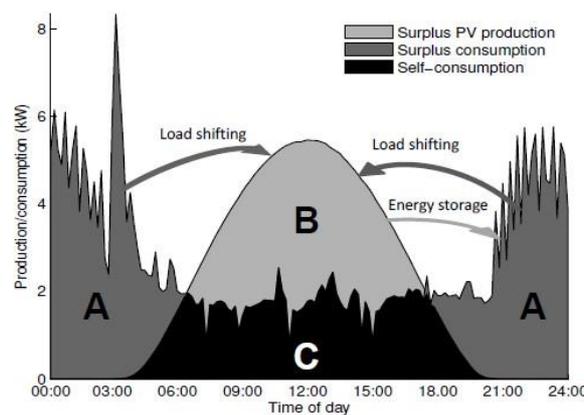
Il est souvent calculé avant inflation et actualisation, ce qui a peu de sens et enjolive la situation. Il peut aussi être calculé après inflation et actualisation (FAC, 2017). Nous calculerons les deux options.

## CONSIDÉRATIONS TECHNIQUES

### Autoconsommation et autoproduction

La figure ci-dessous représente les quantités d'électricité produites et d'électricité consommées.

FIGURE 21 : SCHÉMA DES PROFILS DE PUISSANCE DE LA PRODUCTION PV SUR SITE ET DE LA CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ.



Source : (Luthander et al., 2015).

La courbe en dents de scie (A+C) représente la consommation totale d'électricité d'un ménage sur une journée. La partie noire (C) est la partie autoproduite de sa consommation, c'est-à-dire produite par l'installation PV. Le reste (A) est la partie prélevée sur le réseau. En principe, si les consommations qui se faisaient la nuit avant la pose des panneaux ont été déplacées ensuite en journée (machine à laver, ...) et si le ménage ne change pas ses habitudes par ailleurs, A, C et donc A+C ne varieront pas.

Le **taux d'autoproduction** est donc  $\frac{C}{A+C}$ . Lui aussi est fixe.

Quand on connaît la consommation du ménage, le taux d'autoproduction permet de déduire la quantité d'électricité (A) **prélevée** sur le réseau.

La courbe en cloche (B+C) représente la quantité d'électricité produite par l'installation PV. En général, avec le système de compensation en vigueur, elle est paramétrée pour que la production (B+C) soit égale à la consommation (A+C).

La partie noire (C) est la partie directement consommée sur place, c'est-à-dire l'autoconsommation. La partie gris clair (B) est la quantité qui est donc réinjectée sur le réseau. L'autoconsommation (C) ne

variera pas, par contre la production (B+C) peut varier vers la bas ou le haut selon que l'on « sous-paramètre » ou « sur-paramètre » l'installation. Bien que l'autoconsommation ne variera pas, le taux d'autoconsommation, lui, variera.

Le **taux d'autoconsommation** est donc  $\frac{C}{B+C}$ .

Quand on connaît la production du système, le taux d'autoconsommation permet de déduire la quantité d'électricité (B) **injectée** sur le réseau.

Quand la production (B+C) est égale à la consommation (A+C), les deux taux sont identiques. Or en 2016 à Bruxelles, le taux d'autoproduction moyen était de 50% et 56% (respectivement, pour les installations  $\leq 5$  kWc ou  $> 5$  kWc) alors que le taux d'autoproduction moyen était de 25% et 30% (Brugel 2018). On peut donc supposer que les installations ont été sous-paramétrées. Une première raison pourrait être que la superficie du toit ne permettait pas d'installer le nombre requis de panneaux. Une autre raison pourrait être que la rentabilité ait été atteinte suffisamment rapidement pour ne pas nécessiter autant de panneaux et rendre l'investissement plus attractif.

Dans le simulateur, nous n'avons pas pu rendre compte de la variabilité du taux d'autoconsommation en fonction du paramétrage de l'installation. Dans nos simulations, il sera égal au taux d'autoproduction et donc la production sera égale à la consommation. Cela implique d'une part, que nous surestimons la quantité produite et donc le nombre de CV obtenus, et d'autre part, que nous surestimons la quantité réinjectée et les gains qui y sont liés. En somme, nous améliorons la rentabilité du système.

### Rendement des panneaux

Il s'agit du nombre de Wc qu'un m<sup>2</sup> de panneau peut produire. Selon Brugel, la grande majorité des installations (86,1%) avaient un rendement moyen, se situant entre 125 et 175 Wc/m<sup>2</sup>. Nous choisissons donc la médiane c'est-à-dire 150 Wc/m<sup>2</sup>.

### Productivité des panneaux

La productivité d'un système se mesure par la quantité d'électricité qu'il peut produire. Il se mesure en kWh/kWc. A Bruxelles, il est en constante augmentation et atteignait 810 Wc/m<sup>2</sup> pour les installations mises en service en 2015. Il ne pourra donc pas être plus bas. Cependant, avec le temps, un système perd sa productivité. L'Apere estime cette perte à 0,4% par an.

## HYPOTHÈSES

### Système

- Paramétrage : production = consommation (la première année) si le toit le permet
- Perte de productivité annuelle : 0,4% (Apere)
- Autoproduction : 25% et 30% (Brugel)
- Autoconsommation : 25% et 30%
- Rendement des panneaux (150 Wc/m<sup>2</sup>) (Brugel)
- Productivité des panneaux 810 kWh/kWc (Brugel)
- Consommations fixes dans le temps

## Prix

- Coût de l'installation (TVAC): 1.700 €/kWc ( $P_e \leq 5 \text{ kWc}$ ) (Brugel) et 1.519 €/kWc ( $5 \text{ kWc} < P_e \leq 10 \text{ kWc}$ ). Ce dernier chiffre est issu d'une extrapolation du coût de 2016 auquel nous avons fait subir la même progression que pour les installations de  $\leq 5 \text{ kWc}$ .
- Coût de l'onduleur (TVAC): 1.500 € (Aperre). Il est remplacé après la 10<sup>ème</sup> année, une seule fois
- Fin de la « compensation »
- Les prix d'achat de l'électricité sont les meilleurs prix du marché selon Brusim en date du 14 octobre 2018 : offre BeOnline variable de Octa+ pour les consommations  $\leq 3000 \text{ kWh}$  et Engie Drive au-delà.
- Prix de revente du surplus de production : 0,03 €/kWh (Aperre)
- Nouveau coefficient multiplicateur à partir de 2019 (Brugel)
- Prix des CV constant. On y applique le taux d'actualisation.

## Facteurs temporels

- Inflation du prix de l'électricité : 3 % (Aperre)
- Taux d'actualisation : 4 % (Aperre)
- Sur les conseils de BE, le prix de l'onduleur n'évoluera pas avec le temps. L'inflation sur l'investissement sera donc égale au taux d'actualisation.

## Mesures de rentabilité

- Le temps de retour sur investissement est calculé comme étant la somme des investissements sur une période donnée (10 ou 25 ans) divisée par la moyenne des gains sur la même période.
- Le calcul du taux de rentabilité interne (TRI) est donné par Excel.

## VARIABLES

Les paramètres que nous ferons varier sont :

- La consommation du ménage : 1.000 et 3.000 kWh pour les forfaits BeOnline, et 4.000 et 8.000 kWh pour les forfaits Engie Drive
- Type de propriétaire : occupant (« 0 ») ou bailleur (« 1 »), ce dernier ne bénéficiant que des CV et éventuellement de la revente du surplus de production
- La superficie du toit : par incrément de 10 m<sup>2</sup> jusqu'au moment où la superficie du toit n'est plus une contrainte, mais avec un maximum de 50 m<sup>2</sup>.
- L'inclinaison du toit avec un coefficient de couverture de 0,5 pour un toit plat (« 0 ») et de 0,9 pour un toit en pente (« 1 ») (Cleantech guide)
- Le prix des CV : 0€, 65€ et 90,7€

## RÉSULTATS

Dans nos calculs, ce ne sont pas tant les valeurs absolues qui nous intéressent, car elles sont sensibles aux hypothèses, mais les comparaisons entre les profils des consommateurs.

Les calculs détaillés sont repris en annexe 10, de même que tous les tableaux présentés ci-dessous, dans un format plus grand.

### Consommations de 1000 à 3000 kWh

1. Quelle que soit la configuration, la rentabilité diminue si la taille de l'installation augmente. Les TRI et les VAN diminuent, tandis que les temps de retour augmentent.

TABLEAU 22 : ÉVOLUTION DES INDICATEURS DE RENTABILITÉ EN FONCTION DE LA PUISSANCE INSTALLÉE (CONSUMMATION ANNUELLE <= 3000 kWh)

Régime de propriété	inclinaison toit	Prix CV	Consommations (kWh)	Superficie du toit (m2)	Toit cesse d'être une limite (m2)	TRI 10 ans	VAN 10 ans (€)	Temps retour (10 ans) (années)	Temps retour actu (10 ans) (années)	TRI 25 ans	VAN 25 ans (€)	Temps retour (25 ans) (années)	Temps retour actu (25 ans) (années)
0	1	90,7	3000	10	27,44	12,94%	1 378,40	5,45	6,25	12,59%	2 223,95	13,56	15,76
0	1	90,7	3000	20	27,44	7,87%	1 211,44	6,76	7,91	8,62%	2 347,21	15,35	18,05
0	1	90,7	3000	27,44	27,44	6,41%	1 087,31	7,23	8,53	7,45%	2 438,85	16,11	19,04
0	1	90,7	3000	40	27,44	3,37%	139,75	8,38	9,83	5,52%	2 189,64	17,31	20,40
0	1	90,7	3000	50	27,44	2,57%	-288,92	8,73	10,29	4,83%	2 031,84	18,04	21,32

Cela est dû au fait qu'en augmentant la capacité de l'installation, les coûts d'investissements grandissent plus vite que les gains générés. C'est également le cas si on n'actualise pas les CV.

TABLEAU 23 : MOINS-VALUE DU SURDIMENSIONNEMENT POUR LES PETITES CONSOMMATIONS

Régime de propriété	inclinaison toit	Prix CV	Consommations (kWh)	Superficie du toit (m2)	Toit cesse d'être une limite (m2)	Montant investissement (10 ans)	Delta investissement	Somme des gains actu (10 ans)	Delta gains
0	1	90,7	3000	10	27,44	-2 295,00	-	3 673,40	-
0	1	90,7	3000	20	27,44	-4 590,00	2 295,00	5 801,44	2 128,04
0	1	90,7	3000	27,44	27,44	-6 296,30	1 706,30	7 383,61	1 582,17
0	1	90,7	3000	40	27,44	-8 203,67	1 907,38	8 343,43	959,82
0	1	90,7	3000	50	27,44	-10 254,59	2 050,92	9 965,68	1 622,25

Le **surdimensionnement** n'a donc aucun intérêt.

2. Avec une consommation de **1000 kWh**, la rentabilité est possible à 10 ans, mais pas à 25 ans.

TABLEAU 24 : RENTABILITÉ DU PV POUR UNE CONSOMMATION DE 1000 kWh

Régime de propriété	inclinaison toit	Prix CV	Consommations (kWh)	Superficie du toit (m2)	Toit cesse d'être une limite (m2)	TRI 10 ans	VAN 10 ans (€)	Temps retour (10 ans) (années)	Temps retour actu (10 ans) (années)	TRI 25 ans	VAN 25 ans (€)	Temps retour (25 ans) (années)	Temps retour actu (25 ans) (années)
0	1	90,7	1000	9,15	9,15	6,41%	362,44	7,23	8,53	2,72%	-187,05	22,31	26,37
0	1	90,7	1000	20	9,15	4,18%	181,20	8,05	9,62	3,31%	-53,25	21,13	25,22
0	0	90,7	1000	10	16,47	8,92%	422,37	6,45	7,51	2,02%	-231,29	23,26	27,27
0	0	90,7	1000	16,47	16,47	6,41%	362,44	7,23	8,53	2,72%	-187,05	22,31	26,37
0	0	90,7	1000	20	16,47	5,69%	329,61	7,48	8,86	2,91%	-162,81	21,98	26,05

Dans ces conditions, le propriétaire n'a pas intérêt à investir dans un second onduleur après 10 ans. Qu'advient-il alors de son installation ? Va-t-il la laisser mourir, où va-t-il la remplacer entièrement pour retoucher des CV ?

3. Un **propriétaire bailleur** n'a jamais intérêt à investir dans du PV, même s'il retouche aussi sur la vente du surplus de production. Pour un investissement à 10 ans, la TRI est positive mais inférieure au taux d'actualisation. Seul le temps de retour avant actualisation est inférieur à 10 ans, mais de très peu. Tous les indicateurs sont négatifs pour le calcul à 25 ans.

TABLEAU 25 : RENTABILITÉ POUR UN PROPRIÉTAIRE BAILLEUR (CONSOMMATION ANNUELLE <= 3000 kWh)

Régime de propriété	inclinaison toit	Prix CV	Consommations (kWh)	Superficie du toit (m2)	Toit cesse d'être une limite (m2)	TRI 10 ans	VAN 10 ans (€)	Temps retour (10 ans) (années)	Temps retour actu (10 ans) (années)	TRI 25 ans	VAN 25 ans (€)	Temps retour (25 ans) (années)	Temps retour actu (25 ans) (années)
1	1	90,7	1000	9,15	9,15	0,34%	-362,39	9,82	12,09	#NOMBRE!	-1 862,39	42,08	51,81
1	1	90,7	3000	10	27,44	0,34%	-396,27	9,82	12,09	#NOMBRE!	-1 896,27	40,58	49,97
1	1	90,7	3000	20	27,44	0,34%	-792,54	9,82	12,09	#NOMBRE!	-2 292,54	32,56	40,09
1	1	90,7	3000	27,44	27,44	0,34%	-1 087,16	9,82	12,09	-6,51%	-2 587,16	30,39	37,42
1	0	90,7	1000	10	16,47	0,34%	-220,15	9,82	12,09	#NOMBRE!	-1 720,15	53,41	65,77
1	0	90,7	1000	16,47	16,47	0,34%	-362,39	9,82	12,09	#NOMBRE!	-1 862,39	42,08	51,81
1	0	90,7	3000	10	49,39	0,34%	-220,15	9,82	12,09	#NOMBRE!	-1 720,15	53,41	65,77
1	0	90,7	3000	20	49,39	0,34%	-440,30	9,82	12,09	#NOMBRE!	-1 940,30	38,98	47,99
1	0	90,7	3000	30	49,39	0,34%	-660,45	9,82	12,09	#NOMBRE!	-2 160,45	34,16	42,07
1	0	90,7	3000	40	49,39	0,34%	-880,60	9,82	12,09	-13,10%	-2 380,60	31,76	39,11
1	0	90,7	3000	49,39	49,39	0,34%	-1 087,16	9,82	12,09	-6,51%	-2 587,16	30,39	37,42

Les mêmes conclusions s'imposent même si le propriétaire bailleur profite de la revente du surplus de production. Si le prix des CV passe à 65€, tous les indicateurs sont négatifs.

Sans arrangement avec le locataire pour le partage des économies sur la facture, un bailleur ne passera donc jamais au PV. Ceci réduit donc de moitié le potentiel des toitures des maisons bruxelloises que nous avons calculé au chapitre 2. Seuls 68,09 kWh pourraient être produits dans les 6 communes préférentielles et 161,09 kWh à l'échelle de la RBC. Peut-être des mécanismes de soutien aux propriétaires bailleurs pourraient-ils être envisagés, à moins que les coefficients multiplicateurs ne soient globalement revus à la hausse.

#### 4. Peu de configurations sont rentables en moins de 7 ans.

Pour avoir un temps de retour actualisé inférieur à 7 ans, il vaut mieux être un propriétaire occupant un bien au toit plat, une consommation moyenne et une petite installation.

TABLEAU 26 : GARANTIE DE RENTABILITÉ EN 7 ANS (CONSOMMATION ANNUELLE <= 3000 kWh)

Régime de propriété	inclinaison toit	Prix CV	Consommations (kWh)	Superficie du toit (m2)	TRI 10 ans	VAN 10 ans (€)	Temps retour (10 ans) (années)	Temps retour actu (10 ans) (années)
0	1	90,7	3000	10	12,94%	1 378,40	5,45	6,25
0	0	90,7	3000	10	20,28%	1 452,61	4,16	4,67
0	0	90,7	3000	20	11,96%	1 359,85	5,67	6,52
0	0	65	3000	10	16,62%	1 153,71	4,73	5,25

#### 5. Dans l'éventualité où la RBC arrêterait de subsidier le PV au travers des CV, une seule configuration est rentable, avec un TRI supérieur au taux d'actualisation.

TABLEAU 27 : RENTABILITÉ SANS CV (CONSOMMATION ANNUELLE <= 3000 kWh)

Régime de propriété	inclinaison toit	Prix CV	Consommations (kWh)	Superficie du toit (m2)	Toit cesse d'être une limite (m2)	TRI 10 ans	VAN 10 ans (€)	Temps retour (10 ans) (années)	Temps retour actu (10 ans) (années)	TRI 25 ans	VAN 25 ans (€)	Temps retour (25 ans) (années)	Temps retour actu (25 ans) (années)
0	1	0	1000	9,15	9,15	-15,14%	-1 373,94	27,47	28,96	-6,82%	-1 923,43	47,51	53,70
0	1	0	3000	10	27,44	-3,56%	-520,33	12,27	12,93	2,49%	325,22	20,36	23,03
0	1	0	3000	20	27,44	-12,10%	-2 586,02	21,73	22,90	-1,42%	-1 450,25	29,02	32,81
0	1	0	3000	27,44	27,44	-15,14%	-4 121,83	27,47	28,96	-2,77%	-2 770,28	34,30	38,78
0	0	0	1000	10	16,47	-10,12%	-632,49	18,83	19,84	-6,26%	-1 286,14	41,21	46,60
0	0	0	1000	20	16,47	-15,14%	-1 373,94	27,47	28,96	-6,82%	-1 923,43	47,51	53,70
0	0	0	3000	10	49,39	6,38%	397,75	7,23	7,62	7,61%	1 114,31	15,77	17,84
0	0	0	3000	20	49,39	-5,05%	-749,85	13,44	14,17	1,79%	127,94	21,43	24,23
0	0	0	3000	30	49,39	-10,12%	-1 897,46	18,83	19,84	-0,53%	-858,43	26,36	29,80
0	0	0	3000	40	49,39	-13,17%	-3 045,06	23,54	24,82	-1,89%	-1 844,80	30,69	34,70
0	0	0	3000	49,39	49,39	-15,14%	-4 121,83	27,47	28,96	-2,77%	-2 770,28	34,30	38,78

6. Les gains ne remboursent jamais l'**emprunt**, même à taux « 0 », s'il s'agit d'un crédit à la consommation obtenu dans une banque ou via le prêt vert bruxellois (Crédal). Cela se vérifie pour toutes les configurations.

TABLEAU 28 : RAPPORT GAINS – EMPRUNT (CONSOMMATION ANNUELLE <= 3000 kWh)

Régime de propriété	inclinaison toit	Prix CV	Consommations (kWh)	Superficie du toit (m2)	Durée de remboursement (années)	Gains -emprunt (année 1) (€)	Gains -emprunt (année 2) (€)	Gains -emprunt (année 3) (€)	Gains -emprunt (année 4) (€)	Gains -emprunt (année 5) (€)
0	1	90,7	3000	10	2	-721,96	-723,01	0,00	0,00	0,00
0	1	90,7	3000	20	3	-841,82	-843,92	-846,01	0,00	0,00
0	1	90,7	3000	27,44	3,5	-915,49	-918,38	-921,25	-24,64	0,00
0	1	90,7	3000	40	4	-1 057,41	-1 060,60	-1 063,78	-1 066,95	0,00
0	1	90,7	3000	50	5	-857,91	-861,90	-865,87	-869,83	-873,77

Avec le prêt vert bruxellois obtenu auprès du Fonds du logement, les gains pourraient rembourser l'emprunt, puisqu'il s'agit d'un emprunt hypothécaire non limité dans le temps. Nous avons cependant vu qu'il n'a jamais servi à financer du PV et que nos prosommateurs sont vraisemblablement en dehors des conditions d'octroi.

### Consommations de 4000 à 8000 kWh

1. Pour les mêmes raisons que précédemment, les petites installations sont plus rentables que les grandes. Le **surdimensionnement** n'a donc toujours aucun intérêt.

TABLEAU 29 : ÉVOLUTION DES INDICATEURS DE RENTABILITÉ EN FONCTION DE LA PUISSANCE INSTALLÉE POUR LES GRANDES CONSOMMATIONS

Régime de propriété	inclinaison toit	Prix CV	Consommations (kWh)	Superficie du toit (m2)	Toit cesse d'être une limite (m2)	TRI 10 ans	VAN 10 ans (€)	Temps retour (10 ans) (années)	Temps retour actu (10 ans) (années)	TRI 25 ans	VAN 25 ans (€)	Temps retour (25 ans) (années)	Temps retour actu (25 ans) (années)
0	1	90,7	4000	10	36,58	15,54%	1 802,27	4,93	5,60	15,58%	3 211,55	11,69	13,54
0	1	90,7	4000	20	36,58	9,31%	1 635,31	6,34	7,37	10,35%	3 334,81	13,79	16,15
0	1	90,7	4000	30	36,58	7,06%	1 468,35	7,01	8,24	8,43%	3 458,07	15,01	17,70
0	1	90,7	4000	36,58	36,58	6,23%	1 358,49	7,29	8,61	7,70%	3 539,18	15,57	18,41
0	1	90,7	4000	50	36,58	3,45%	219,72	8,34	9,79	5,92%	3 216,96	16,66	19,63

2. Il n'existe plus de configurations rentables en 10 ans mais pas en 25 ans.

3. Le **propriétaire bailleur** n'a toujours pas intérêt à investir dans du PV, même s'il touche des gains sur la vente du surplus de production. Les TRI positifs à 10 ans sont inférieurs au taux d'actualisation. Les autres indicateurs sont négatifs.

TABLEAU 30 : RENTABILITÉ POUR UN PROPRIÉTAIRE BAILLEUR (GRANDE CONSOMMATION)

Régime de propriété	inclinaison toit	Prix CV	Consommations (kWh)	Superficie du toit (m2)	Toit cesse d'être une limite (m2)	TRI 10 ans	VAN 10 ans (€)	Temps retour (10 ans) (années)	Temps retour actu (10 ans) (années)	TRI 25 ans	VAN 25 ans (€)	Temps retour (25 ans) (années)	Temps retour actu (25 ans) (années)
1	0	90,7	8000	10	131,69	2,20%	-92,75	8,90	10,78	#NOMBRE!	-1 431,52	42,70	51,64
1	0	90,7	8000	20	131,69	2,20%	-185,51	8,90	10,78	-7,25%	-1 363,04	31,16	37,68
1	0	90,7	8000	30	131,69	2,20%	-278,26	8,90	10,78	-2,27%	-1 294,56	27,31	33,03
1	0	90,7	8000	40	131,69	2,20%	-371,02	8,90	10,78	-0,35%	-1 226,08	25,39	30,70
1	0	90,7	8000	50	131,69	2,20%	-463,77	8,90	10,78	0,65%	-1 157,60	24,24	29,31

4. Pour un propriétaire occupant, le **temps de retour** (à 10 ans) avant actualisation, au prix actuel des CV, est **inférieur à 7 ans** dans la majorité des cas. Le temps de retour après actualisation l'est aussi pour les grosses consommations équipées de petites installations. Nous tirerons pas de conclusion sur les temps de retour à 25 ans étant donné qu'ils sont biaisés (voir p. 58).

TABLEAU 31 : GARANTIE DE RENTABILITÉ EN 7 ANS (GRANDE CONSOMMATION)

Régime de propriété	inclinaison toit	Prix CV	Consommations (kWh)	Superficie du toit (m2)	Toit cesse d'être une limite (m2)	TRI 10 ans	VAN 10 ans (€)	Temps retour (10 ans) (années)	Temps retour actu (10 ans) (années)	TRI 25 ans	VAN 25 ans (€)	Temps retour (25 ans) (années)	Temps retour actu (25 ans) (années)
0	1	90,7	4000	10	36,58	15,54%	1 802,27	4,93	5,60	15,58%	3 211,55	11,69	13,54
0	1	90,7	4000	20	36,58	9,31%	1 635,31	6,34	7,37	10,35%	3 334,81	13,79	16,15
0	1	90,7	4000	30	36,58	7,06%	1 468,35	7,01	8,24	8,43%	3 458,07	15,01	17,70
0	1	90,7	4000	36,58	36,58	6,23%	1 358,49	7,29	8,61	7,70%	3 539,18	15,57	18,41
0	1	90,7	4000	50	36,58	3,45%	2 19,72	8,34	9,79	5,92%	3 216,96	16,66	19,63
0	1	90,7	8000	10	73,16	26,64%	3 771,49	3,41	3,78	27,17%	7 799,84	7,13	8,18
0	1	90,7	8000	20	73,16	15,54%	3 604,53	4,93	5,60	17,02%	7 923,10	9,38	10,86
0	1	90,7	8000	30	73,16	11,46%	3 437,57	5,79	6,67	13,34%	8 046,36	10,94	12,76
0	1	90,7	8000	40	73,16	9,11%	3 011,46	6,40	7,31	11,79%	8 880,70	11,24	13,05
0	1	90,7	8000	50	73,16	7,30%	2 582,79	6,94	7,99	10,16%	8 722,90	12,32	14,35
0	0	90,7	4000	10	65,85	24,52%	1 876,47	3,63	4,05	23,56%	3 156,77	10,18	11,70
0	0	90,7	4000	20	65,85	14,34%	1 783,71	5,16	5,88	14,57%	3 225,25	12,00	13,92
0	0	90,7	4000	30	65,85	10,61%	1 690,96	6,00	6,93	11,44%	3 293,72	13,23	15,45
0	0	90,7	4000	40	65,85	8,65%	1 598,21	6,53	7,61	9,79%	3 362,20	14,12	16,56
0	0	90,7	4000	50	65,85	7,43%	1 505,45	6,90	8,09	8,75%	3 430,68	14,79	17,41
0	0	90,7	8000	10	131,69	42,66%	3 845,69	2,28	2,49	42,60%	7 745,05	5,78	6,59
0	0	90,7	8000	20	131,69	24,52%	3 752,94	3,63	4,05	25,20%	7 813,53	7,43	8,53
0	0	90,7	8000	30	131,69	17,88%	3 660,18	4,53	5,11	19,13%	7 882,01	8,73	10,08
0	0	90,7	8000	40	131,69	14,34%	3 567,43	5,16	5,88	15,94%	7 950,49	9,78	11,34
0	0	90,7	8000	50	131,69	12,13%	3 474,67	5,63	6,47	13,95%	8 018,97	10,64	12,39

5. Il existe des configurations pour lesquelles la rentabilité est possible même si le mécanisme des CV venait à disparaître.

TABLEAU 32 : RENTABILITÉ SANS CV (GRANDE CONSOMMATION)

Régime de propriété	inclinaison toit	Prix CV	Consommations (kWh)	Superficie du toit (m2)	Toit cesse d'être une limite (m2)	TRI 10 ans	VAN 10 ans (€)	Temps retour (10 ans) (années)	temps retour (10 ans) (années)	TRI 25 ans	VAN 25 ans (€)	Temps retour (25 ans) (années)	Temps retour actu (25 ans) (années)
0	0	0	4000	10	65,85	11,50%	821,62	5,77	6,08	12,35%	2 101,92	12,58	14,23
0	0	0	4000	20	65,85	-1,50%	-325,99	10,88	11,47	4,48%	1 115,54	17,33	19,60
0	0	0	4000	30	65,85	-7,21%	-1 473,59	15,43	16,27	1,53%	129,17	21,59	24,41
0	0	0	4000	40	65,85	-10,63%	-2 621,20	19,52	20,57	-0,16%	-857,20	25,41	28,73
0	0	0	4000	50	65,85	-12,98%	-3 768,80	23,21	24,46	-1,29%	-1 843,57	28,87	32,64
0	0	0	8000	10	131,69	31,44%	2 790,84	2,97	3,14	31,79%	6 690,20	6,48	7,33
0	0	0	8000	20	131,69	11,50%	1 643,24	5,77	6,08	14,89%	5 703,83	9,18	10,38
0	0	0	8000	30	131,69	3,31%	495,63	8,40	8,85	9,21%	4 717,46	11,72	13,26
0	0	0	8000	40	131,69	-1,50%	-651,97	10,88	11,47	6,19%	3 731,09	14,12	15,97
0	0	0	8000	50	131,69	-4,78%	-1 799,58	13,22	13,93	4,24%	2 744,72	16,39	18,54

Pour cela, il faut être propriétaire occupant une maison au toit plat avec de grosses consommations et de petites installations.

6. Il n'existe que de très rares cas où les gains remboursent l'emprunt (à taux zéro), la dernière année du crédit uniquement.

TABLEAU 33 : RAPPORT GAINS – EMPRUNT (GRANDE CONSOMMATION)

Régime de propriété	inclinaison toit	Prix CV	Consommations (kWh)	Superficie du toit (m2)	Durée de remboursement (années)	Gains-emprunt (année 1) (€)	Gains-emprunt (année 2) (€)	Gains-emprunt (année 3) (€)	Gains-emprunt (année 4) (€)	Gains-emprunt (année 5) (€)
0	1	90,7	4000	30	3,5	-971,64	-974,79	-977,93	2,51	0,00
0	1	90,7	8000	30	3,5	-764,05	-767,20	-770,34	210,10	0,00
0	1	65	8000	30	3,5	-966,39	-968,74	-971,07	10,18	0,00
0	0	90,7	4000	50	3,5	-884,29	-887,21	-890,12	17,70	0,00
0	0	90,7	8000	50	3,5	-676,70	-679,62	-682,53	225,29	0,00
0	0	65	8000	50	3,5	-864,05	-866,22	-868,38	40,18	0,00

Les emprunts à taux zéro n'étant pas réalistes, nous retiendrons que les gains ne remboursent jamais l'emprunt.

## Globalement

Les gros consommateurs profitent plus du PV que les petits.

TABLEAU 34 : RENTABILITE EN FONCTION DE LA CONSOMMATION

Régime de propriété	inclinaison toit	Prix CV	Consommations (kWh)	Superficie du toit (m2)	Toit cesse d'être une limite (m2)	TRI 10 ans	VAN 10 ans (€)	Temps retour (10 ans) (années)	Temps retour actu (10 ans) (années)	TRI 25 ans	VAN 25 ans (€)	Temps retour (25 ans) (années)	Temps retour actu (25 ans) (années)
0	1	90,7	1000	20	9,15	4,18%	181,20	8,05	9,62	3,31%	-53,25	21,13	25,22
0	1	90,7	3000	20	27,44	7,87%	1 211,44	6,76	7,91	8,62%	2 347,21	15,35	18,05
0	1	90,7	4000	20	36,58	9,31%	1 635,31	6,34	7,37	10,35%	3 334,81	13,79	16,15
0	1	90,7	8000	20	73,16	15,54%	3 604,53	4,93	5,60	17,02%	7 923,10	9,38	10,86

## LIMITES DE LA MÉTHODE

La première limite vient de la conception du configurateur. Le calcul de la rentabilité d'un système photovoltaïque qui devait me prendre une demi-journée, m'a pris plus de 4 mois. J'ai donc totalement sous-estimé la difficulté de construction de ce type d'outil. Il ne faut pas seulement identifier et jongler avec les paramètres influençant la rentabilité de l'installation, mais il faut aussi pouvoir les mettre en relation avec les bonnes formules. Le simulateur n'ayant été que partiellement vérifié par Bruxelles Environnement, il n'est pas impossible que des erreurs de calculs soient présentes. Ensuite, il a été nécessaire de faire des manipulations manuelles pour consolider les résultats des différentes simulations en un seul tableau. Ici aussi, des erreurs peuvent être survenues.

La deuxième limite vient du fait qu'il existe de nombreux paramètres pouvant influencer la productivité et la rentabilité du système. Il a donc été nécessaire d'effectuer un choix parmi une série d'hypothèses. Ce choix peut dès lors également être remis en question.

Ensuite, des moyennes ont été utilisées. Une moyenne ne rend compte que de l'état du parc mais ne peut pas être étendue à chaque cas individuellement.

Les résultats de ces simulations doivent donc être pris avec beaucoup de précaution et mériteraient d'être revus par un professionnel.

## CONCLUSION

Grâce au simulateur que nous avons construit, nous avons pu mesurer la rentabilité d'une série de configurations pour des consommations allant de 1000 à 8000 kWh. Ces calculs ont permis de faire une série de constats.

Ce sont les gros consommateurs qui profitent le mieux des installations photovoltaïques. Ils n'ont cependant pas intérêt à surdimensionner leur installation, bien au contraire, car les coûts engendrés par une plus grande puissance augmentent plus vite que les gains générés. Une rentabilité en 7 ans leur est souvent acquise, parfois même sans le mécanisme de CV, ce qui n'est pas le cas pour les petits consommateurs.

Un propriétaire bailleur n'a jamais intérêt à installer du PV, même s'il touche à la fois sur les CV et sur la revente du surplus de production, à moins de s'arranger avec son locataire pour partager les économies sur la facture, ce qui est complexe à mettre en œuvre.

Si l'on ne veut exclure les maisons ni des petits consommateurs, ni des propriétaires bailleurs du potentiel PV de la RBC, peut-être faudrait-il ajuster les mécanismes de soutien au PV pour leur permettre d'en profiter.

Pour les consommations de 1000 kWh (jusqu'à un seuil non déterminé), la rentabilité est acquise pour un investissement à 10 ans, mais pas à 25 ans. Il est utile de se demander si l'on veut leur permettre de laisser mourir leur installation ou si l'on est prêt à en refinancer une nouvelle grâce aux CV, afin qu'ils ne quittent pas les chiffres de production de la RBC. Cette solution a évidemment un coût écologique puisqu'elle nécessite plus de matière première. Mais peut-être doit-on au contraire décourager ces petits consommateurs de se lancer dans du PV et les pousser à privilégier d'autres usages de leur toit.

## 7. Recommandations

Dans le chapitre consacré à la segmentation, nous avons vu que le marché des particuliers, et en particulier celui des propriétaires de 35 à 54 ans, de maisons individuelles et récentes pourrait permettre à la RBC d'atteindre ses objectifs aux horizons 2020 et 2030.

En dehors de leurs caractéristiques sociodémographiques, leur propension à installer au PV tient pour une grande part aux subsides, ce qu'a confirmé l'analyse des autres villes belges. Cependant, avec la fin de la compensation et la baisse des coefficients multiplicateurs, la rentabilité est plus difficilement accessible aux petits consommateurs d'électricité et est inatteignable pour les propriétaires bailleurs. De plus, les subsides actuels, les CV, jouissent d'une mauvaise image auprès des Bruxellois à cause de l'éclatement de la bulle dans les deux autres régions du pays.

Nous recommandons donc aux pouvoirs publics de réfléchir à un **nouveau mécanisme de soutien** qui n'écarterait ni les petits consommateurs (à l'exclusion des tous petits qui seraient rentables en 10 mais pas en 25 ans), ni les propriétaires bailleurs, si elle veut se donner les moyens d'atteindre ses objectifs. Peut-être même qu'un subside inversement proportionnel à la consommation pourrait inciter à des comportements plus vertueux. De plus, un changement de système et de dénomination permettrait probablement d'en finir avec cette mauvaise image qui colle à la peau de la filière.

Un deuxième facteur influençant l'adoption du PV est la communication vers le public cible. Plutôt que de chercher à atteindre tous les publics, la Région aurait intérêt à **se focaliser sur les segments porteurs** en utilisant leur vocabulaire et leurs canaux de prédilection, autant dans la communication que dans les aides proposées. Une fois le segment porteur atteint, il sera plus facile d'essaimer vers les autres publics.

Le rôle de la presse et le « neighbouring effect » que la littérature scientifique présente comme positifs, sont à l'inverse négatifs en RBC. Une **communication forte sur la rentabilité du PV**, associée au nouveau mécanisme de soutien mentionné plus haut, est nécessaire pour contrecarrer cet effet, et est efficace comme semble le démontrer l'effet Tommelein en Flandre.

Le « peer effect » semble être LE facteur le plus important dans le développement du PV. Les bons résultats engrangés par Courtrai (et Namur), ville de petite taille aux toits bas, confirment que la simple vue de panneaux (« peer effect » passif) a une influence sur le taux d'adoption. Or aucune **action de renforcement du « peer effect »** n'a été identifiée en RBC. Il serait donc utile à Bruxelles de développer une stratégie de peer effect actif en partenariat avec les échevins communaux. Cela pourrait se faire en identifiant les « hotspots » dans chaque commune, c'est-à-dire les quartiers dans lesquels il y a une plus grande densité d'installations. D'y identifier les « éducateurs », ces « early adopters » qui sont prêts à transmettre la bonne parole. Leur message pourraient être transmis lors de réunions de quartier, via des toutes boîtes,... L'idée est de faire tache d'huile et de déployer le PV quartier par quartier. En parallèle, chaque commune devrait installer du PV en priorité sur les bâtiments les plus visibles pour faciliter le « peer effect » passif, et pourquoi pas y organiser des visites.

Enfin, le **démarchage** actif a été le moyen de communication qui a eu le plus d'effet sur les prosommateurs. Peut-être l'heure est-elle venue pour les pouvoirs publics de se lancer dans une démarche plus proactive, peut-être par le biais d'une organisation comme Homegrade.

## Conclusions

Afin de lutter contre le réchauffement climatique, l'Union Européenne s'est dotée d'objectifs de développement des énergies renouvelables qui ont été transposées dans la législation belge puis bruxelloise. Ainsi, pour le photovoltaïque, la RBC doit atteindre une production annuelle de 92 GWh d'ici 2020 et de 185 GWh à l'horizon 2030, avec des écarts restant à combler de 41 et 134 GWh, respectivement.

L'analyse du marché des particuliers nous a permis d'identifier que ce sont surtout les propriétaires de maisons individuelles, avec un certain niveau d'éducation et de revenus et dans la tranche d'âge 35-54 ans qui sont les plus enclins à adopter des panneaux solaires. En RBC, on les trouve principalement, mais pas uniquement, dans les cinq communes du sud-est de Bruxelles, allant de Uccle à Woluwé-Saint-Lambert, ainsi qu'à Berchem-Sainte-Agathe. Si tous leurs toits étaient couverts, ils permettraient de générer environ 140 GWh, donc plus que l'écart à combler, à condition de comptabiliser aussi bien les propriétaires occupants que les propriétaires bailleurs. A l'échelle de la Région toute entière, ils pourraient produire 400 GWh. A cela s'ajoutent les 10 GWh prévus par le projet Solar Click d'ici 2020. L'analyse du marché des entreprises n'a malheureusement pas pu être conduite et pourrait faire l'objet d'un nouveau mémoire pour connaître ce que pourrait-être sa contribution.

Les motivations des investisseurs sont avant tout d'ordre économique et visent les gains sur la facture d'électricité et la rentabilité de l'investissement. Les questions environnementales, l'indépendance énergétique et le goût pour les nouvelles technologies viennent en second lieu. Les freins des prosommateurs potentiels ne sont pas tellement d'ordre juridique ou technique mais plutôt financier, l'investissement de départ restant en effet important, et psychologique. Le processus d'adoption d'une nouvelle technologie, en l'occurrence assez complexe, est en effet long et nécessite de pouvoir la comprendre, la voir, et la tester. Sans surprise donc, les subsides et l'effet de l'entourage (« peer effect »), ainsi que l'effet de voisinage avec les autres régions (« neighbouring effect ») et les médias ont une grande influence sur le déploiement du PV.

La comparaison avec d'autres villes belges donne des résultats assez contrastés selon l'indicateur choisi. Il en ressort toutefois que le succès du PV est inversement proportionnel à la densité de population. Malgré tout, surtout à l'échelle des particuliers, la RBC semble accuser un certain retard. Les villes flamandes, et en particulier Courtrai, ressortent du lot. Une analyse plus fine indique cependant que les trois villes flamandes analysées ont exactement les mêmes courbes de développement et que le premier pic et les creux sont en lien direct avec la disponibilité des subsides. Ce sont donc surtout les politiques fédérales et régionales, plutôt que communales, qui ont été un levier pour le développement du PV. La reprise de ces dernières années est vraisemblablement due à une communication active du Ministre Tommelein en charge de l'Environnement et de l'effet de l'entourage plus marqué, grâce entre autre à des toits plus bas et donc des installations plus visibles.

La comparaison à des villes étrangères n'a pu être menée à bien. Elle pourrait également faire l'objet d'une nouvelle étude.

Pour renforcer les facteurs d'influence dans le déploiement du PV, les autorités bruxelloises ont investi dans des programmes d'aide à l'investissement (PVB) et à la rentabilité (CV) ainsi que dans

des projets d'accompagnement (RH, Homegrade, FDB). Les programmes mis en place, s'ils sont variés et bien intentionnés, ne sont pas forcément toujours bien ciblés, et sont souvent méconnus, ce qui fait qu'ils sont peu utilisés. Les actions de communication, quant-à-elles, quand elles sont visibles, visent surtout le positionnement de BE dans la lutte contre le CC et pas tellement un passage à l'action. La nouvelle carte solaire est un moyen plus concret de promouvoir le PV, mais la campagne de communication pour la faire connaître n'a pas encore eu lieu. Il est donc trop tôt pour mesurer son impact sur l'adoption du PV. Par ailleurs, la RBC souffre d'un effet de voisinage très négatif à cause de l'éclatement de la bulle PV en Wallonie comme en Flandre et de l'amalgame fait par les Bruxellois entre les politiques environnementales des différentes régions. De plus, une certaine presse francophone aime noircir le tableau même quand les messages sont positifs. Enfin, nous n'avons identifié, au niveau des pouvoirs publics, aucune action encourageant le « peer effect ».

Avec la fin de la compensation et les nouveaux coefficients multiplicateurs, le PV sera plus favorable aux gros consommateurs qui atteindront plus facilement une rentabilité en moins de 7 ans, parfois même sans l'aide des CV, alors que les petits consommateurs y auront difficilement accès. Pour les tout petits consommateurs, peut-être ne faudra-t-il pas encourager le PV du tout. Celui-ci n'étant rentable qu'à 10 ans et pas à 20, cela implique la mort rapide de l'installation ou son remplacement prématuré. Notons également que le surdimensionnement ne présente aucun intérêt, les petites installations étant toujours les plus rentables. Par ailleurs, un propriétaire bailleur n'aura jamais intérêt à installer du PV, sauf s'il y a partage des gains sur la facture d'électricité avec son locataire, ce qui rend les choses plus difficiles à mettre en œuvre. Enfin, les gains ne rembourseront jamais l'emprunt.

Nous prônons donc de repenser le mécanisme de soutien pour qu'il n'exclue ni les petits consommateurs, ni les propriétaires bailleurs et qu'il encourage à la sobriété énergétique.

Ensuite, nous préconisons des actions de communication fortes (pour contrecarrer le « neighbouring effect ») et des programmes d'aides ciblés sur les segments porteurs, en utilisant leur langage, celui de la rentabilité, via leurs canaux d'information.

De plus, il nous semble important de développer des actions pour encourager le « peer effect » actif, par l'identification de « hotspots » et d'« éducateurs », et le « peer effect » passif, c'est-à-dire le déploiement de PV en priorité sur des bâtiments publics visibles.

Enfin, un démarchage actif du segment cible dans les quartiers identifiés nous semble nécessaire.

### ARTICLES DE JOURNAUX EN LIGNE

- Anonyme (2018, 15 novembre). Une «carte solaire» de Bruxelles pour calculer le rendement potentiel des panneaux photovoltaïques. *Le Soir*. Récupéré de <https://www.lesoir.be/190181/article/2018-11-15/une-carte-solaire-de-bruxelles-pour-calculer-le-rendement-potentiel-des-panneaux>. (Dernière consultation : 02/12/18).
- RelaxNews (2010, 23 juin). Les Français déménagent en moyenne 4,6 fois dans leur vie. *La Dépêche*. Récupéré de <https://www.ladepeche.fr/article/2010/06/23/860775-francais-demenagent-moyenne-4-6-fois-vie.html> (Dernière consultation : 16/12/2018).
- Haveaux, C. (2018, 20 juin). L'Europe s'accorde sur un objectif renouvelable de 32% d'ici 2030. *Renouvelle*. Récupéré de <https://www.renouvelle.be/fr/actualite-internationale/leurope-saccorde-sur-un-objectif-renouvelable-de-32-dici-2030>. (Dernière consultation : 16/12/2018).
- Haveaux, C. et Huart, M. (2017, 06 juin). Photovoltaïque : mieux vaut produire de l'eau chaude que stocker l'électricité. *Renouvelle*. Récupéré de <http://www.renouvelle.be/fr/technologies/photovoltaique-mieux-vaut-produire-de-leau-chaude-que-stocker-lelectricite>. (Dernière consultation : 16/12/2018)
- Huart, M. (2014, 10 septembre). Energie solaire 2013. *Renouvelle*. Récupéré de <http://www.renouvelle.be/fr/statistiques/energie-solaire-2013>. (Dernière consultation : 16/12/2018).
- Huart, M. (2018, 22 janvier). Comment installer du photovoltaïque en copropriété à Bruxelles. *Renouvelle*. Récupéré de <http://www.renouvelle.be/fr/outils/comment-installer-du-photovoltaique-en-copropriete-a-bruxelles>. (Dernière consultation : 16/12/2018).
- Huart, M. et Wilkin, B. (2015, 17 décembre). Le prix de la Powerwall révolutionne le stockage résidentiel. *Renouvelle*. Récupéré de <http://www.renouvelle.be/fr/technologies/le-prix-de-la-powerwall-revolutionne-le-stockage-residentiel>. (Dernière consultation : 16/12/2018).
- Neubourg, G. (2018, 08 février). Le photovoltaïque belge en 2017 : 264 MWc installés, relance confirmée. *Renouvelle*. Récupéré de <http://www.renouvelle.be/fr/statistiques/le-photovoltaique-belge-en-2017-264-mwc-installes-relance-confirmee>. (Dernière consultation : 16/12/2018).
- M.W. (2018, 27 septembre). Des panneaux solaires sur votre toit pour 0 € : non, ce n'est pas une arnaque !. *La DH*. Récupéré de <http://www.dhnet.be/actu/economie/des-panneaux-solaires-sur-votre-toit-pour-0-non-ce-n-est-pas-une-arnaque-5babad44cd70d3638d8b2bec>. (Dernière consultation : 16/12/2018).
- Tamigniau, M. (2018, 12 septembre). "Une société me propose d'installer GRATUITEMENT des panneaux solaires sur mon toit", se méfie Samir: pourquoi est-ce possible à Bruxelles?. *RTL Info*. Récupéré de <https://www.rtl.be/info/vous/temoignages/-une-societe-me-propose-d-installer-gratuitement-des-panneaux-solaires-samir-se-demande-si-brusol-est-une-arnaque-on-a-la-reponse-1056609.aspx>. (Dernière consultation : 16/12/2018).
- Wilkin, B. (2017, 14 décembre). Nous avons testé le PVheater, un stockage de l'électricité photovoltaïque excédentaire domestique. *Renouvelle*. Récupéré de

<http://www.renouvelle.be/fr/technologies/nous-avons-teste-le-pvheater-un-stockage-de-lelectricite-photovoltaïque-excedentaire>. (Dernière consultation : 16/12/2018).

## ARTICLES DE REVUES SCIENTIFIQUES

CERINO ABDIN Giulio, NOUSSAN Michel (2018), "Electricity storage compared to net metering in residential PV applications", *Elsevier, Journal of Cleaner Production* 176, pp 175-186.

DE BOECK L., VAN ASCH S., DE BRUECKER P., AUDENAERT A. (2016), "Comparison of support policies for residential photovoltaic systems in the major EU markets through investment profitability", *Elsevier, Renewable Energy* 87, pp 42-53.

DE GROOTE Olivier, PEPERMANS Guido, VERBOVEN Frank (2016), "Heterogeneity in the adoption of photovoltaic systems in Flanders", *Elsevier, Energy Economics* 59, pp 45-57.

DHARSHING Samdru (2017), "Household dynamics of technology adoption: A spatial econometric analysis of residential solar photovoltaic (PV) systems in Germany", *Elsevier, Energy Research & Social Science* 23, pp 113-124.

LUTHANDER Rasmus, WIDEN Joakim, PALM Jenny (2015), "Photovoltaic self-consumption in buildings: A review", *Elsevier, Applied Energy* 142, pp 80-94.

PALM Avar (2017), "Peer effects in residential solar photovoltaics adoption – A mixed methods study of Swedish users", *Elsevier, Energy Research & Social Science* 26, pp 1-10.

PARKINS John, ROLLINS Curtis, ANDERS Sven, COMEAU Louise (2018), "Predicting intention to adopt solar technology in Canada: The role of knowledge, public engagement, and visibility", *Elsevier, Energy Policy* 114, pp 114-122.

RAI Varun (2016), "Overcoming barriers and uncertainties in the adoption of residential solar PV", *Elsevier, Renewable Energy* 89, pp 498-505.

SAHU Bikash Kumar (2015), "A study on global solar PV energy developments and policies with special focus on the top ten solar PV power producing countries", *Elsevier, Renewable and Sustainable Energy Reviews* 43, pp 621-634.

SCHAFFER Axel, BRUN Sebastian (2015), "Beyond the sun – Socioeconomic drivers of the adoption of small-scale photovoltaic installations in Germany", *Elsevier, Energy Research & Social Science* 10, pp 220-227.

SCHELLY Chelsea (2014), "Residential solar electricity adoption: What motivates, and what matters? A case study of early adopters", *Elsevier, Energy Research & Social Science* 2, pp 183-191.

VASSEUR Véronique, KEMP René (2015), "A segmentation analysis: the case of photovoltaic in the Netherlands", in *Springer, Energy Efficiency* 8, pp 1105-1123.

## ÉTUDES – RAPPORTS - ENQUÊTES

Brugel. (2018, 01 septembre). *Proposition 22 relative au coefficient multiplicateur appliqué au photovoltaïque – Analyse des paramètres économiques* [Proposition]. Récupéré de <https://www.brugel.brussels/documents/proposals/rechercher>. (Dernière consultation : 16/12/2018).

Dedicated Research. (2017, juin). *Étude auprès des particuliers (propriétaires bruxellois) sur le thème des « Énergies Renouvelables »* [Étude de marché].

DNV GL Group. (2017). *PV Module Reliability Scorecard 2017* [Étude]. Récupéré de <https://www.dnvgl.com/publications/pv-module-reliability-scorecard-2017-93448>. (Dernière consultation : 16/12/2018).

Ipsos Loyalty. (2017, juin). *Notoriété et satisfaction vis-à-vis des outils et services énergie de Bruxelles Environnement à destination des particuliers* [Étude de notoriété et satisfaction].

Fraunhofer ISE. (2018, 27 août). *Photovoltaics report* [Rapport]. Récupéré de <https://www.ise.fraunhofer.de/en/renewable-energy-data.html#tabpanel-3>. (Dernière consultation : 16/12/2018).

SLRB. (2017). *Observatoire des Loyers, Enquête 2017* [Enquête]. Récupéré de <http://www.slrbsirisnet.be/sites/website/files/pages/slrbsobsloyer-enquete2017-fr-web.pdf>. (Dernière consultation : 16/12/2018).

SolarPower Europe. (2018). *Global market outlook 2018-2022* [Rapport]. Récupéré de <http://www.solarpowereurope.org>. (Dernière consultation : 16/12/2018).

## LIVRES ÉDITÉS

BERTHIER Nicole (2016), *Les techniques d'enquête en sciences sociales*, Armand Colin, Paris.

BONNEUIL Christophe, FRESSOZ Jean-Baptiste (2013), *L'évènement anthropocène*, Seuil, Paris.

OLIVIER Lawrence, BEDARD Guy, FERRON Julie (2005), *L'élaboration d'une problématique de recherche*, L'Harmattan, Paris.

## MÉMOIRES, THÈSES ET AUTRES OUVRAGES

BARAS Dylan (2015), *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*, IGEAT, 121 p.

CIELEN Suzanna (2018), *Fin du principe de compensation pour le photovoltaïque à Bruxelles et perception de ce changement par les prosumers*, IGEAT, 81 p.

LECORDIER-FERLAY Marianne (2012), *Les freins sociaux à la diffusion des innovations: le cas des panneaux solaires photovoltaïques en France*, Université de Grenoble, 322 p.

LUGEN Marine (date non précisée), *Petit guide de méthodologie de l'enquête*, IGEAT, 28 p.

MOREAU Elie (2018), *Autoconsommation collective d'électricité photovoltaïque en Région de Bruxelles-Capitale. Une solution pour davantage d'électricité verte*, IGEAT, 142 p.

## SITES WEB

Axa. *Energy@home*. Récupéré de <https://www.axabank.be/fr/emprunter/emprunter-pour-logement/energy-at-home>. (Dernière consultation : 28/07/2018).

Belfius. *Prêt vert rénovation*. Récupéré de <https://www.belfius.be/retail/fr/produits/emprunter/habitation/pret-renovation-eco/index.aspx>. (Dernière consultation : 28/07/2018).

Beobank. *Eco Crédit*. Récupéré de <https://www.beobank.be/fr/particulier/emprunter/prets-habitation/credit-eco-vert>. (Dernière consultation : 28/07/2018).

BNP Paribas Fortis. *Crédit Énergie*. Récupéré de <https://www.bnpparibasfortis.be/fr/Emprunter/Decouvrez/Produits/Credit-habitation/Credit-energie?axes4=priv>. (Dernière consultation : 28/07/2018).

Brugel. *Information sur le fin de la compensation à Bruxelles*. Récupéré de <https://www.brugel.brussels/actualites/information-sur-la-fin-de-la-compensation-a-bruxelles-267>. (Dernière consultation : 30/11/2018).

Brusim. *Simulation*. Récupéré de <http://www.brusim.be/proc/simulation;jsessionid=09425B8448640781D66B9DD18EE1F21B?execution=e1s1>. (Dernière consultation : 15/12/2018).

Bruxelles Environnement. *Le Facilitateur Bâtiment Durable*. Récupéré de <https://environnement.brussels/thematiques/batiment/la-gestion-de-mon-batiment/pour-vous-aider/le-facilitateur-batiment-durable>. (Dernière consultation : 16/12/2018).

Bruxelles Environnement. *News*. Récupéré de <https://environnement.brussels>. (Dernière consultation : 16/11/2018).

Bruxelles Environnement. *Panneaux solaires photovoltaïques*. Récupéré de <https://environnement.brussels/thematiques/energie/lenergie-verte/produire-votre-propre-energie-verte/panneaux-solaires>. (Dernière consultation : 16/11/2018).

Bruxelles Environnement. *Les Bruxellois surestiment le prix d'installation des panneaux photovoltaïques*. Récupéré de <https://environnement.brussels/news/les-bruxellois-surestiment-le-prix-dinstallation-des-panneaux-photovoltaïques>. (Dernière consultation : 27/11/2018).

Bruxelles Environnement. *Carte solaire : combien peut rapporter votre toiture ?* Récupéré de <https://environnement.brussels/news/carte-solaire-combien-peut-rapporter-votre-toiture>. (Dernière consultation 27/11/2018).

CBC. *Prêt énergie verte*. Récupéré de <https://www.cbc.be/particuliers/fr/produits/emprunter/logement/pret-energie-verte.html>. (Dernière consultation 28/07/2018).

Cleantechguide. *Photovoltaïque: comment calculer le potentiel solaire d'un toit*. Récupéré de <http://www.cleantechsguide.com/photovoltaïque-comment-calculer-le-potentiel-solaire-dun-toit/>. (Dernière consultation : 02/12/2018).

Compta-online. *Le taux de rentabilité interne*. Récupéré de <https://www.compta-online.com/le-taux-de-rentabilite-interne-un-critere-performant-pour-verifier-la-pertinence-un-investissement-ao3118>. (Dernière consultation : 15/12/2018).

CPH. *Prêt Énergie*. Récupéré de <https://www.cph.be/credits/credits-privées/financer-des-travaux-d-economie-d-energie.html>. (Dernière consultation 28/07/2018).

Crédal. *Combien puis-je demander ?* Récupéré de <http://www.credal.be/node/80>. (Dernière consultation : 02/12/2018).

Crélan. *Financement ECO-Énergie*. Récupéré de <https://www.crelan.be/fr/particuliers/produit/le-financement-eco-energie>. (Dernière consultation : 28/07/2018).

Edora. *Qualiwatt – réforme de soutien au photovoltaïque résidentiel*. Récupéré de <https://www.edora.org/positions/qualiwatt-reforme-de-soutien-au-photovoltaique-residentiel>. (Dernière consultation : 30/11/2018).

EF4. *Effet photovoltaïque*. Récupéré de <http://www.ef4.be/fr/pv/composants-dun-systeme/>. (Dernière consultation : 29/11/2018).

EF4. *Schéma électrique d'un système photovoltaïque*. Récupéré de <http://www.ef4.be/fr/pv/cadre-legal/schema-electrique-type.html>. (Dernière consultation : 29/11/2018).

EF4. *Ensoleillement en Belgique*. Récupéré de <http://www.ef4.be/fr/pv/composants-dun-systeme/ensoleillement-belgique.html>. (Dernière consultation : 30/11/2018).

EF4. *Cellules photovoltaïques*. Récupéré de <http://www.ef4.be/fr/pv/composants-dun-systeme/cellules-photovoltaïques.html>. (Dernière consultation : 02/12/2018).

EF4. *Importance de l'orientation et des types de structures*. Récupéré de <http://www.ef4.be/fr/pv/composants-dun-systeme/orientation-structure.html>. (Dernière consultation : 02/12/2018).

Elia. *Prix minimum imposé et cadre légal*. Récupéré de <http://www.elia.be/fr/produits-et-services/certificats-verts/Minimumprice-legalframe>. (Dernière consultation : 02/12/18).

Energieplus. *Les types de cellules*. Récupéré de <https://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16678#c20442+c20441+c20440>. (Dernière consultation : 16/12/2018).

Engie. *Les prix de l'électricité pour DRIVE 3 ans (Région de Bruxelles-Capitale)*. Récupéré de <https://www.engie-electrabel.be/fr/energie/electricite-gaz/prix-conditions>. (Dernière consultation : 14/10/2018).

Facebook. *Bruxelles Environnement, Vidéos*. Récupéré de [https://www.facebook.com/pg/BruxellesEnvironnementLeefmilieuBrussel/videos/?ref=page\\_interna](https://www.facebook.com/pg/BruxellesEnvironnementLeefmilieuBrussel/videos/?ref=page_interna). (Dernière consultation : 16/12/2018).

FCC. *Le calcul du délai de récupération – une méthode utile pour évaluer vos projets*. Récupéré de <https://www.fcc-fac.ca/fr/ag-knowledge/ag-economics/calculating-payback-period-a-helpful-tool-to-assess-projects.html>. (Dernière consultation : 15/12/2018).

Homegrade. *Qui sommes-nous ?* Récupéré de <https://homegrade.brussels/homegrade/contexte-objectifs/>. (Dernière consultation : 02/12/2018).

ING. *Travaux de rénovation énergétique*. Récupéré de <https://promo.ing.be/RenovationLoan/Simulation?LANG=FR>. (Dernière consultation : 28/97/2018).

In Sun We Trust. *Votre guide du photovoltaïque*. Récupéré de [https://www.insunwetrust.solar/wp-content/uploads/2018/03/Livre\\_Blanc\\_Photovoltaïque\\_In\\_Sun\\_We\\_Trust.pdf](https://www.insunwetrust.solar/wp-content/uploads/2018/03/Livre_Blanc_Photovoltaïque_In_Sun_We_Trust.pdf). (Dernière consultation 02/12/2018).

KBC. *Prêt énergie verte*. Récupéré de <https://www.kbcbrussels.be/particuliers/fr/processus/logement/demander-pret-energie-verte.html>. (Dernière consultation : 28/97/2018).

Logement.Brussels. *Prime à la rénovation de l'habitat en Région de Bruxelles-Capitale*. Récupéré de <https://logement.brussels/documents/documents-du-cil/prime-reno/pub-fr-reno-notice.pdf>. (Dernière consultation : 16/12/2018).

Ministère des finances. *Economies d'énergie*. Récupéré de [https://finances.belgium.be/fr/particuliers/avantages\\_fiscaux/fiscalite\\_verte/economie\\_energie](https://finances.belgium.be/fr/particuliers/avantages_fiscaux/fiscalite_verte/economie_energie). (Dernière consultation : 02/12/2018).

Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire. *Présentation des technologies relatives à la filière solaire*. Récupéré de <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/solaire>. (Dernière consultation : 29/11/2018).

Octa+. *BeOnline*. Récupéré de <https://www.octaplus.be/fr/electricite-gaz/>. (Dernière consultation: 14/10/2018).

Our World in Data. *CO<sub>2</sub> and other Greenhouse Gas Emissions, Global primary energy consumption*. Récupéré de <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions#co2-emissions-by-source>. (Dernière consultation : 01/05/2018).

Parlement européen. *Énergie: nouvel objectif de 32% d'énergies renouvelables d'ici 2030 conclu par les députés et les ministres*. Récupéré de <http://www.europarl.europa.eu/news/fr/press-room/20180614IPRO5810/nouvel-objectif-de-32-d-energies-renouvelables-d-ici-2030>. (Dernière consultation : 27/11/2018).

Qualiwatt. *Aspects environnementaux*. Récupéré de <https://www.qualiwatt.be/photovoltaïque-cest/>. (Dernière consultation : 29/11/18).

Quelle Énergie. *Quelle est la durée de vie moyenne des panneaux photovoltaïques ?* Récupéré de <https://www.quelleenergie.fr/questions/duree-vie-panneaux-solaires>. (Dernière consultation : 29/11/18).

Strategies for innovation. *La diffusion d'une innovation*. Récupéré de <https://strategies4innovation.wordpress.com/2009/02/15/la-diffusion-dune-innovation/>. (Dernière consultation : 18/12/2018).

Wikipédia. *Opinion Mining*. Récupéré de [https://fr.wikipedia.org/wiki/Opinion\\_mining](https://fr.wikipedia.org/wiki/Opinion_mining). (Dernière consultation: 15/12/2018).

## STATISTIQUES

Apere. *Observatoire Photovoltaïque, 2017* [Graphes]. Récupéré de <https://www.apere.org/fr/observatoire-photovoltaïque>. (Dernière consultation: 16/12/2018).

Brugel. *Statistiques de marché, 2<sup>ème</sup> trimestre 2017* [Tableau]. Récupéré de <https://www.brugel.brussels/publication/document/statistiques/2017/fr/Statistiques-trimestrielles-2017-T2.pdf>. (Dernière consultation: 25/11/2018).

Brugel. *Électricité verte, 4<sup>ème</sup> trimestre 2017* [Tableau]. Récupéré de [https://www.brugel.brussels/publication/document/statistiques/2018/fr/Elec\\_Verte\\_T4.pdf](https://www.brugel.brussels/publication/document/statistiques/2018/fr/Elec_Verte_T4.pdf). (Dernière consultation: 25/11/2018).

Brugel. *Électricité verte, 2<sup>ème</sup> trimestre 2018* [Tableau]. Récupéré de [https://www.brugel.brussels/publication/document/statistiques/2018/fr/statistiques/2018/fr/Elec\\_Verte\\_T2\\_2018.pdf](https://www.brugel.brussels/publication/document/statistiques/2018/fr/statistiques/2018/fr/Elec_Verte_T2_2018.pdf). (Dernière consultation: 25/11/2018).

Brugel. *Étude d'initiative 27, relative au parc photovoltaïque en Région de Bruxelles-Capitale – 2016* [Tableaux]. Récupéré de <https://www.brugel.brussels/documents/surveys/rechercher> (Dernière consultation: 16/11/2018).

Census. *Proportion de logements occupés par leur propriétaire, 2011* [Tableau]. Récupéré de [http://www.census2011.be/data/fresult/buildingsownerliving\\_fr.html](http://www.census2011.be/data/fresult/buildingsownerliving_fr.html) (Dernière consultation : 29/11/2018).

Census. *Population ayant un diplôme de l'enseignement supérieur, 2011* [Tableau]. Récupéré de [http://www.census2011.be/data/fresult/highdegree\\_fr.html](http://www.census2011.be/data/fresult/highdegree_fr.html) (Dernière consultation : 29/11/2018).

Cwape. *Statistiques par commune et par habitant, 2018* [Tableau]. Récupéré de <https://www.cwape.be/?dir=6.4> (Dernière consultation : 09/12/2018).

Energiesparen. *Zonnepanelen per gemeente, 2018* [Tableau]. Récupéré de <https://statbel.fgov.be/fr/themes/population/structure-de-la-population#panel-11>. (Dernière consultation : 09/12/2018).

Febeg. *Statistiques électricité, 2017* [Graphe]. Récupéré de <https://www.febeg.be/fr/statistiques-electricite>. (Dernière consultation: 16/11/2018).

Ibsa. *Parc de bâtiments résidentiels et non résidentiels, 2018* [Tableau]. Récupéré de <http://ibsa.brussels/themes/amenagement-du-territoire-et-immobilier/amenagement-du-territoire-et-immobilier#.W-cWli17RQI>. (Dernière consultation : 02/12/2018).

Ibsa. *Statistiques fiscales des revenus, 2018* [Tableau]. Récupéré de <http://ibsa.brussels/themes/revenus-et-depenses-des-menages#.XAA0Wy17RQI>. (Dernière consultation : 02/12/2018).

Ibsa. *Structure par âge, 2018* [Tableau]. Récupéré de <http://ibsa.brussels/themes/population#.XAA3py17RQI>. (Dernière consultation : 29/11/2018).

Ibsa. *Les communes bruxelloises : structure par âge, 2008* [Tableau]. Récupéré de [http://ibsa.brussels/fichiers/publications/dossiers-du-barometre/DB13\\_les\\_communes\\_bruxelloises\\_structure\\_par\\_age.pdf](http://ibsa.brussels/fichiers/publications/dossiers-du-barometre/DB13_les_communes_bruxelloises_structure_par_age.pdf). (Dernière consultation: 29/11/2018)

IEA. *World : Electricity and heat for 2016*, [Graphes]. Récupéré de <https://www.iea.org/statistics/?country=WORLD&year=2016&category=Key%20indicators&indicator=ElecGenByFuel&mode=chart&categoryBrowse=true&dataTable=ELECTRICITYANDHEAT&showDataTable=true>. (Dernière consultation: 30/11/2018).

IEA. *Featured Dashboard – Capacity and Generation, 2017* [Graphe]. Récupéré de <http://resourcereina.irena.org/gateway/dashboard/?topic=4&subTopic=18>. (Dernière consultation: 20/08/2018).

Monitoring des quartiers. *Taux d'occupation du bâti des îlots, 2013* [Tableau]. Récupéré de <https://monitoringdesquartiers.brussels/maps/statistiques-bati-et-equipements-bruxelles/caracteristique-du-bati-region-bruxelloise/taux-doccupation-du-bati-des-ilots/1/2013/>. (Dernière consultation : 16 /12/2018).

PopulationData. *Pays, 2018* [Tableau]. Récupéré de <https://www.populationdata.net/pays/>. (Dernière consultation : 20/08/2018)

Statbel. *Occupation du sol selon la superficie cadastrale, 2018* [Tableau]. Récupéré de <https://statbel.fgov.be/fr/themes/construction-logement/occupation-du-sol-selon-le-registre-cadastral#figures>. (Dernière consultation, 29/11/2018).

Statbel. *Population par commune selon la nationalité et le sexe, 2018* [Tableau]. Récupéré de <https://statbel.fgov.be/fr/themes/population/structure-de-la-population#panel-11>. (Dernière consultation : 16/12/2018).

Statbel. *Structure de la population, 2018* [Tableau]. Récupéré de <https://statbel.fgov.be/fr/themes/population/structure-de-la-population>. (Dernière consultation : 30/11/2018).

Statbel. *Statistiques cadastrales du parc de bâtiments, 2018*[Tableau]. Récupéré de <https://bestat.statbel.fgov.be/bestat/crosstable.xhtml?view=43d7cdce-3647-4f5c-86f1-a4e0c864f692>. (Dernière consultation : 16/12/2018).

## TEXTES LÉGISLATIFS

*Journal Officiel de l'Union Européenne*. Directive 2009/28/ce du Parlement Européen et du Conseil relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables (23 avril 2009), art. 17 et annexe I. Récupéré de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=FR>

*Moniteur Belge*. Accord de coopération entre l'État fédéral, la Région flamande, la Région wallonne et la Région de Bruxelles-Capitale relatif au partage des objectifs belges climat et énergie pour la période 2013-2020 (12 février 2018), art. 30. Récupéré de [http://www.ejustice.just.fgov.be/doc/rech\\_f.htm](http://www.ejustice.just.fgov.be/doc/rech_f.htm)

*Moniteur Belge*. Ordonnance portant le Code bruxellois de l'Air, du Climat et de la Maîtrise de l'Énergie (2 Mai 2013), art. 2.4.2, récupéré de [http://www.ejustice.just.fgov.be/doc/rech\\_f.htm](http://www.ejustice.just.fgov.be/doc/rech_f.htm)

*Justel*. Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale déterminant les actes et travaux dispensés de permis d'urbanisme (13 novembre 2008), art. 21. Récupéré de [http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi\\_loi/change\\_lg.pl?language=fr&la=F&cn=2008111337&table\\_name=loi](http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/change_lg.pl?language=fr&la=F&cn=2008111337&table_name=loi)

*Moniteur Belge*. Ordonnance modifiant l'ordonnance du 19 juillet 2001 relative à l'organisation du marché de l'électricité en Région de Bruxelles-Capitale (23 juillet 2018), art. 89. Récupéré de [http://www.ejustice.just.fgov.be/doc/rech\\_f.htm](http://www.ejustice.just.fgov.be/doc/rech_f.htm)

*Moniteur Belge*. Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale relatif à la promotion de l'électricité verte, (17 décembre 2015). Récupéré de [http://www.ejustice.just.fgov.be/mopdf/2016/01/08\\_1.pdf](http://www.ejustice.just.fgov.be/mopdf/2016/01/08_1.pdf)

### Annexe 1 : Aspects techniques

#### TECHNOLOGIES EXISTANTES ET EN DÉVELOPPEMENT

##### Cellules photovoltaïques

Les cellules de 1<sup>ère</sup> génération sont constituées de silicium sous forme cristalline obtenu à partir d'un silicium très pur et fondu puis découpé en tranches, les wafers. Leur production est très énergivore et par conséquent très coûteuse (EF4). C'est la technologie la plus utilisée dans le monde en 2017 avec 95% de part de marché (ISE, 2018).

On distingue les cellules en **silicium monocristallin**, d'un aspect gris-noir métallique, dont le rendement est très bon (17 à 20%) (Energieplus), et les cellules en **silicium poly-cristallin**, de couleur bleue non uniforme. Ces dernières sont moins chères, mais génèrent de moins bons rendements (de 16 à 18%) et ont une plus grande sensibilité à la température (EF4). Vu leur bon rapport performance/prix, ce sont les cellules les plus représentées sur le marché mondial avec 62% de parts de marché (ISE, 2018). A Bruxelles, elles équipent 64% des installations (Brugel 2018).

Dans les cellules de 2<sup>ème</sup> génération, dite **couche mince**, une fine couche de semi-conducteur est apposée à même le substrat (verre, plastique, céramique...). Leur production nécessitant moins de transformation, elles sont moins chères que les cellules de 1<sup>ère</sup> génération. Elles sont aussi moins sensibles à l'ombrage que ces dernières mais offrent des rendements inférieurs : de l'ordre de 6 à 7% pour le silicium amorphe et de 11 à 15% pour CdTe (tellure de cadmium) et le CIGS (cuivre, indium, gallium et sélénium). Il existe également des cellules au CZTS (sulfure de cuivre-zinc-étain).

Des cellules de 3<sup>ème</sup> génération, à **concentration** ou à base de matière **organique** ou de **pérovskite** sont actuellement en cours de développement.

##### Modules

Les **panneaux** sont actuellement les modules les plus répandus. Ils sont constitués d'un cadre de support avec un joint d'étanchéité, d'une plaque de verre, de deux couches de protection contre les intempéries et l'humidité, de cellules PV et d'une feuille de tedlar (ou éventuellement du verre) comme face arrière du module.

Les modules **verre-verre** sont utilisés pour leurs propriétés translucides. Ils sont utilisés, par exemple, dans les bâtiments et les smartphones (Sunpartner Technologies).

Les **tuiles** présentent l'avantage d'être plus esthétiques (Tesla, Imerys,...) mais requièrent cependant plus de main d'œuvre dans la mesure où chaque tuile doit être raccordée manuellement. Le coût d'une telle installation est par conséquent plus élevé.

De manière plus anecdotique, mais qui sort du cadre de ce mémoire, notons aussi les **ballons photovoltaïques** à destination par exemple des ONG sur les sites d'urgence, et utilisés à la place des groupes électrogènes (Zéphyr Solar). Ils sont en phase de prototype et ont reçus leurs premières commandes.

##### Structures

Trois types de structure sont disponibles sur le marché du photovoltaïque.

Les **structures fixes** sont, par définition, toujours orientées dans la même direction et avec la même inclinaison. Leur rendement, optimal en été, diminue dès que l'on s'éloigne du solstice d'été.

Les **structures orientables** peuvent avoir plusieurs inclinaisons, en fonction de la saison, pour rester le plus proche possible de la perpendiculaire aux rayons solaires et augmenter l'irradiation et la quantité d'électricité produite. Elles sont surtout utilisées sur le sol ou les toits plats.

Les **structures mobiles**, enfin, suivent en permanence la course du soleil. Leurs rendements sont les plus grands et peuvent être de 25% (EF4) supérieurs aux structures fixes. Elles nécessitent cependant d'importantes fondations et sont donc peu exploitables sur des toitures.

### Pose

Les modules peuvent être posés en **superposition** à la structure du toit. C'est la manière la plus facile et la moins coûteuse de les installer. Il est aussi possible de les **intégrer** dans l'enveloppe du bâtiment, **en toiture** ou **en façade**.

### Onduleur

Les onduleurs (In Sun We Trust, 2018) sont de deux types. Si les panneaux sont installés en série, on place un unique **onduleur central** en bout de chaîne. Cette configuration présente l'avantage d'être facile à installer et donc moins coûteuse. Par contre, c'est toute la production d'électricité qui s'arrête en cas de panne de l'un des panneaux. Il convient aux installations de > 25 kWc.

Les **micro-onduleurs** sont, eux, placés sur chaque panneau, ce qui évite l'arrêt complet de la production en cas de défaillance d'un panneau. Ils sont utilisés dans les installations de petite taille ou hétérogènes.

### Stockage de l'électricité

L'autoconsommation d'un ménage équipé en panneaux photovoltaïque, c'est-à-dire la part de la consommation produite par l'installation PV, ne dépasse pas les 40% (Renouvelle, 2017) de ses besoins annuels. Le surplus de production doit donc être réinjecté sur le réseau, puis racheté sur celui-ci pendant les heures où la production domestique est trop faible voire nulle.

La technologie la plus répandue pour stocker l'électricité photovoltaïque et augmenter son autonomie est la batterie solaire. Elle se charge pendant la journée et produit de l'électricité pendant la nuit ou par temps couvert. Il en existe de plusieurs types : au plomb, AGM, GEL et au lithium. Le problème majeur à leur déploiement est leur coût élevé. A ce jour, elles ne sont toujours pas rentables (Cerino Abidin et al., 2018)

Une autre solution moins onéreuse est de produire de l'eau chaude sanitaire à partir du surplus de production, grâce au « PV Heater » qui le détecte et l'oriente vers un boiler. Quand l'installation photovoltaïque ne produit rien, le boiler est alimenté par le réseau. Toutefois, il s'agit d'une solution irréversible, puisqu'elle ne peut générer de l'électricité, et à court terme, que de l'ordre de quelques heures à 2 jours (Renouvelle, 2017).

Ces technologies seront rendues de plus en plus nécessaires à l'avenir, puisque le principe de compensation sera supprimé en 2020 et que le surplus d'électricité revendu au fournisseur le sera à un prix beaucoup moins intéressant.

## PRÉREQUIS TECHNIQUES

### Revêtement du toit et isolation des combles

« Certains types de couverture complexifient l'installation de panneaux photovoltaïques. Parmi eux, nous pouvons citer : le zinc, le shingle, les tuiles en goudron, les toits en chaume et les ardoises. Il n'est par exemple pas possible de faire une installation intégrée au bâti sur des toits en zinc ou en taule. La surimposition reste cela dit tout à fait possible.

Il en est de même si les combles sont isolés par revêtement multicouches. En effet, la pose de panneaux solaires risquerait d'engendrer des problèmes d'isolation. » (In Sun We Trust, 2018).

### Inclinaison et orientation des panneaux :

Plus les panneaux reçoivent de l'énergie solaire, plus leur rendement sera élevé. Il est donc important de les positionner à la perpendiculaire des rayons du soleil. Pour les panneaux fixes, l'orientation optimale est plein Sud et l'inclinaison est de 35°.

### Insolation et ombrage

Le rendement d'une installation photovoltaïque dépend naturellement de l'ensoleillement. Celui-ci est entre autre fonction de la latitude, de la saison ou encore du couvert nuageux.

En Belgique, l'ensoleillement annuel moyen était de 1.606 heures entre 2008 et 2017 et le rayonnement solaire global de 1.062 kWh/m<sup>2</sup>.an (Renouvelle, 2014). Bien que n'étant pas aussi intense que dans les pays du sud, cet ensoleillement n'en reste pas moins suffisant pour être valorisé sous forme d'électricité.

La localisation des panneaux devra idéalement se trouver dans un endroit qui subit le moins possible les ombres portées par les cheminées, les arbres ou les bâtiments voisins. Les toits entièrement à l'ombre ne sont pas candidats au photovoltaïque.

Le taux de charge (c'est-à-dire le nombre d'heures utiles) annuel moyen entre 2012 et 2016, pour une installation de référence d'une inclinaison de 35°, orientée plein sud et sans ombrage était de 990 heures (ou kWh/kWc) (Brugel, 2018).

Une installation Sud-Est ou Sud-Ouest avec une inclinaison entre 15 et 50°, reste toutefois intéressante, comme l'illustre le tableau suivant.

FIGURE 22 : FACTEURS DE CORRECTION EN FONCTION DE L'INCLINAISON ET DE L'ORIENTATION

© <a href="http://www.ef4.be">www.ef4.be</a>		inclinaison par rapport à l'horizontale (°)						
		0	15	25	35	50	70	90
orientation	est	88%	87%	85%	83%	77%	65%	50%
	sud-est	88%	93%	95%	95%	92%	81%	64%
	sud	88%	96%	99%	max 100%	98%	87%	68%
	sud-ouest	88%	93%	95%	95%	92%	81%	64%
	ouest	88%	87%	85%	82%	76%	65%	50%

Source : ef4

Les toitures bruxelloises n'ayant pas toutes ces caractéristiques idéales d'inclinaison, d'orientation et d'insolation, le taux de charge moyen pour l'ensemble du parc était de 754 heures (76% du taux de

charge de référence) pour cette même période (Brugel, 2018). Cette différence est due à ce qu'on appelle « l'effet parc ».

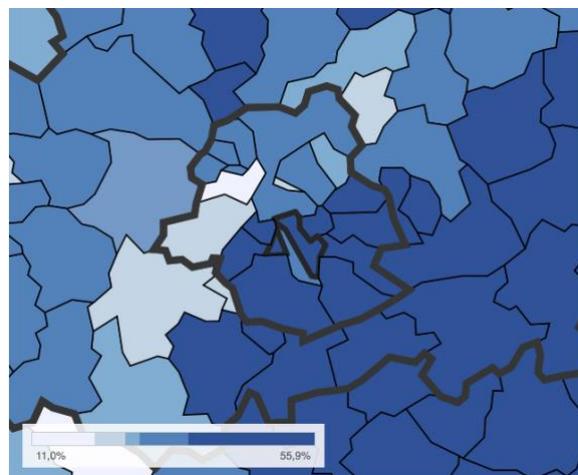
### Superficie des panneaux

Même dans une situation idéale, toute la toiture ne pourra pas être recouverte de panneaux, en particulier pour les toits plats. En effet, ils doivent être suffisamment éloignés les uns des autres pour ne pas se porter ombrage.

On considère qu'un toit plat peut être recouvert à 50% et qu'un toit en pente peut l'être à 90% (Cleantechguide, 2018).

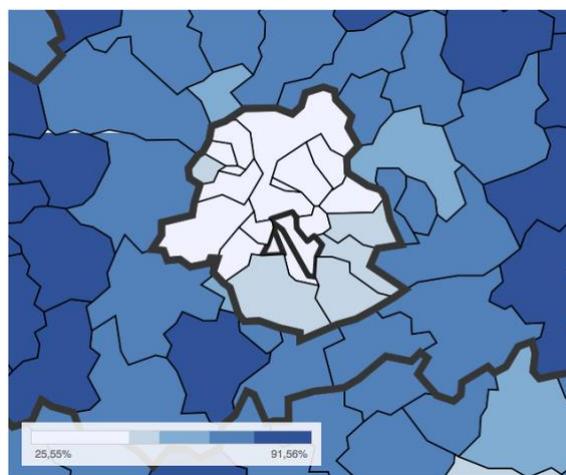
## Annexe 2 – Caractéristiques sociodémographiques des communes bruxelloises

FIGURE 23 : PART DE LA POPULATION DE 20 ANS ET PLUS AYANT UN **DIPLÔME DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR**



Source : *Census 2011*

FIGURE 24 : LOGEMENTS OCCUPÉS PAR LEUR **PROPRIÉTAIRE**



Source : *Census 2011*

TABLEAU 35 : **REVENU TOTAL NET IMPOSABLE MOYEN PAR DÉCLARATION ET PAR COMMUNE 2016 (ANNÉE DE REVENUS)**

Communes	2016
Woluwe-Saint-Pierre	83 023
Uccle	71 891
Watermael-Boitsfort	69 471
Auderghem	67 454
Ixelles	65 820
Woluwe-Saint-Lambert	64 045
Etterbeek	52 676
Berchem-Sainte-Agathe	47 637
Forest	45 117
Jette	43 852
Ganshoren	43 605
Evere	42 244
Bruxelles	40 375
Saint-Gilles	39 768
Schaerbeek	37 837
Koekelberg	37 545
Anderlecht	35 824
Molenbeek-Saint-Jean	32 473
Saint-Josse-ten-Noode	28 100
<b>Région de Bruxelles-Capitale</b>	<b>46 863</b>

Source : *Ibsa 2.1.2.5*

TABLEAU 36 : **AGE MOYEN AU 1<sup>ER</sup> JANVIER 2016**

Communes	2016
Watermael-Boitsfort	42,23
Woluwe St-Pierre	41,91
Uccle	41,70
Woluwe St-Lambert	40,52
Ganshoren	39,80
Auderghem	39,94
Evere	38,78
Berchem Ste-Agathe	38,30
Jette	38,11
Forest	37,67
Ixelles	37,60
Etterbeek	37,33
Anderlecht	36,40
Bruxelles	36,21
St-Gilles	36,15
Koekelberg	35,76
Molenbeek St-Jean	34,90
Schaerbeek	34,74
St-Josse-ten-Noode	34,17
<b>Région de Bruxelles-Capitale</b>	<b>37,41</b>

Source : *Ibsa 1.2.4.1*

TABLEAU 37 : STRUCTURE PAR ÂGE ET PAR COMMUNE

Groupe	Commune	0-19 ans	20-39 ans	Type
1	Saint-Josse-ten-Noode	+	+	Moins de 40 ans
	Schaerbeek			
2	Anderlecht	+		Jeunes
	Bruxelles			
	Forest			
	Koekelberg			
	Molenbeek-Saint-Jean			
3	Etterbeek	-	+	Jeunes adultes
	Ixelles			
	Saint-Gilles			
4	Auderghem			Plus de 40 ans
	Berchem-Sainte-Agathe			
	Evere			
	Ganshoren			
	Jette			
	Uccle			
	Watermael-Boitsfort			
	Woluwe-Saint-Lambert			
	Woluwe-Saint-Pierre			

Source : Les communes bruxelloises : structures par âge

## Annexe 3 – Questionnaires

### BRUXELLES ENVIRONNEMENT

Nathanaël Hance - 20 août 2018

#### 1. Incitants et aides

- BA : Il existe une prime à la rénovation de l'habitat, en ce compris l'installation électrique. « Sont visés les composants, en tout ou en partie, de l'installation électrique d'une habitation en ce compris le tableau général, le ou les tableaux divisionnaires, la liaison équipotentielle des masses métalliques et le raccord à la terre, à l'exclusion du compteur, de la parlophonie, des dispositifs d'éclairage et des systèmes de protection contre le vol et l'incendie »<sup>18</sup>. Cette prime à la rénovation de l'habitat peut-elle être utilisée pour le PV

NH : La prime à la rénovation sert à financer la mise aux normes et en conformité du système électrique, qui est un prérequis à l'installation de panneaux photovoltaïques qui doivent être installés sur un système certifié. Elle est accessible pour les revenus faibles et est majorée pour les habitants des quartiers ZRU (EDRLR). Elle ne sert en aucun cas à financer l'installation photovoltaïque elle-même.

- BA : La vente de CV est-elle réellement garantie pendant 10 ans, même si les pouvoirs publics changent les règles ou le système ?

NH : A ce jour, le gouvernement promeut une politique de stabilité des mécanismes de soutien au photovoltaïque. La garantie de 10 ans est accordée dès que l'installation a été certifiée par BRUGEL. Les mécanismes de soutien au PV pourraient évoluer à l'avenir mais une fois une installation certifiée par BRUGEL la garantie de réception de CV pendant 10 ans est presque inaliénable.

- BA : Quel est le succès du « prêt vert bruxellois » ?

NH : Il existe depuis 2008 ou 2009 en RBC. Environ 140 demandes sont introduites en moyenne chaque année. Il a été étendu au photovoltaïque en 2017. Il compte à ce jour 10 bénéficiaires. Il tient compte du revenu brut imposable mentionné sur la déclaration fiscale. On demande les déclarations de tous les membres de la famille. 80% des ménages sont susceptibles de l'utiliser.

#### 2. Prix

- BA : Après la fin de la compensation, annoncée pour 2020, quel sera le prix de revente du surplus de production ?

NH : Rien n'est encore fixé, mais il est estimé entre 2 et 5c€/kWh. 5c est le prix de l'électricité. Une production variable vaut moins. Les premières discussions avec les fournisseurs font penser qu'il tournerait aux alentours de 3c€/kWh. La complexité du système réside dans le fait que chaque prosumer devrait négocier avec un fournisseur prêt à lui racheter son surplus. (Pas de TVA en cas de revente de l'électricité à un fournisseur, si j'ai bien compris)

---

<sup>18</sup> <https://logement.brussels/documents/documents-du-cil/prime-reno/pub-fr-reno-notice.pdf>

- BA : *Qu'en est-il de l'autoconsommation collective, c'est-à-dire de la revente de son surplus à des tiers sans passer par réseau ?*

NH : Actuellement, le code du logement ne le permet pas. Apere travaille beaucoup sur cette question.

- BA : *Pour les grands immeubles, quel est le prix d'un échafaudage pour permettre l'accès au toit et la pose des panneaux ?*

NH : Un échafaudage semble improbable. Le passage par les ascenseurs aussi. Ce serait trop peu pratique et les copropriétés s'y opposent de toute façon. L'acheminement se fait par grue pour les plus hauts immeubles. Il ne faut pas oublier le prix de la place de parking qu'il faut réserver, la difficulté d'accès de certaines rues, ... Attention, dans les copropriétés il faut s'assurer que le roofing/étanchéité ne devra pas être refait dans les 10 ans au moins. Il faut d'abord prévoir l'isolation, par l'extérieur, en profitant des primes.

### **3. Production**

- BA : *Pourquoi un pic dans le résidentiel en 2009 puis une chute ?*

NH : 2009 marque la fin des primes PV qui grevaient lourdement le budget de la RBC. Pour ne pas stopper complètement les primes, il a été décidé de mettre de règles d'octroi beaucoup plus contraignantes (uniquement pour maisons passives).

- BA : *Y a-t-il un nombre max de Wc qu'un ménage peut installer ?*

NH : Maximum 10kVA (+/- 10-12 kWc) pour que Sibelga puisse encaisser la charge. Au-delà, il faut renforcer les câbles, les sous-stations, ...

### **4. Couverture comparée**

- BA : *Pourquoi la RBC n'a que 55 Wc/hab alors que la Wallonie en compte 277 et la Flandre 428 ?*

NH : Je l'ignore, il faut le demander à la VREG ou aux communes directement.

### **5. Segmentation**

- BA : *Quelle est segmentation du marché PV ? Quelles les motivations et les freins invoquées ?*

NH : Il est difficile pour moi de répondre à ces questions dans la mesure où une segmentation des publics cibles n'a pas été effectuée => *depuis, il y a eu l'étude freins et motivation par Dedicated Research*. En termes de freins, il semble que la surestimation du coût d'installation soit un des principaux vecteurs. La plupart des bruxellois ne sont par ailleurs pas propriétaires de leur logement, ce qui limite leur dynamisme/implication.

### **6. Concurrence**

- BA : *Quel est la pénétration des autres usages des toits (potagers, toiture verte, ...) ?*

NH : Négligeable.

- BA : *Quel est le succès des autres moyens de réduire les consommations (PAC, ...) ?*

NH : Une PAC convient dans une maison basse énergie ou alors dans une maison où elle peut être couplée à de la géothermie, car la T° de la source est constante (bon coefficient). Les forages sont extrêmement rares. Dans les maisons normales, on en aura besoin en période froide, quand le coefficient sera mauvais. Si on en parle beaucoup c'est parce qu'il y a beaucoup de lobbying et de communication. Ceci dit une PAC n'est pas incompatible avec du PV. C'était même très bien avec le système de compensation. Idem pour chauffe-eau solaire thermique. Pour cette dernière technologie cependant, le gain financier est assez faible.

- **Le Prêt vert Bruxellois en Général**

- BA : Combien de ménages ont-ils accès au prêt vert ?

QP : Cela dépend de leurs revenus. Un Plafond a été fixé. Le prêt peut être obtenu auprès du Fonds du Logement ou du Crédal. Les conditions d'octroi sont les suivantes :

- Fonds du logement (FDL) :

Nombre de Personnes à Charge	Revenus globalement et distinctement imposables		
	A	B	C
0	€ 47.501	€ 58.056	€ 73.890
1	-	€ 63.334	€ 79.168
2	-	€ 68.612	€ 84.446
3	-	€ 73.890	€ 89.724
4 et +	-	€ 79.168	€ 95.002

A : Personne isolée ;

B : Ménage de 2 personnes ou plus, dont une seule dispose de revenus imposables ;

C : Ménage de 2 personnes ou plus, parmi lesquelles plusieurs disposent de revenus imposables.

Au FDL, les taux se calculent comme suit :

Revenus inférieurs ou égal à 15.000 € → Taux 0%

Revenus supérieurs à 15.000 € → Taux = (revenus nets imposables X 2)/68.612

- Crédal

Nombre de Personnes à Charge	Revenus globalement et distinctement imposables	
	A	C
0	€ 47.501	€ 73.890
1	€ 52.779	€ 79.168
2	€ 58.057	€ 84.446
3	€ 63.335	€ 89.724
4 et +	€ 68.613	€ 95.002

A : Personne isolée (1 seule personne majeure, avec possibilité d'enfants à charge) ;

C : Ménage de 2 personnes majeures ou plus, parmi lesquelles, un ou plusieurs disposent de revenus imposables.

## Taux du PVB Crédal :

Le taux 0 % s'applique jusqu'aux plafonds suivants :

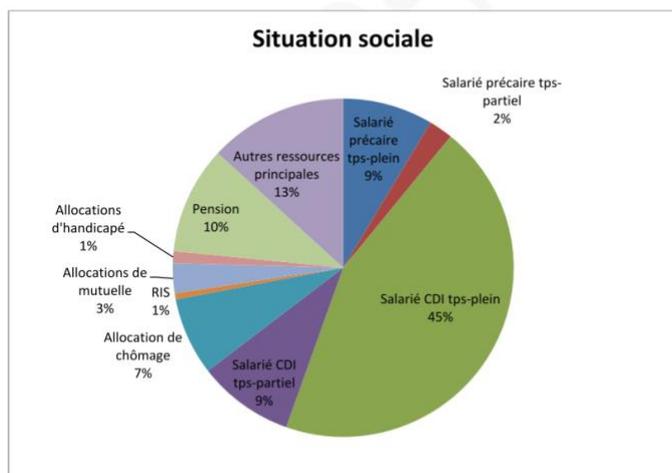
Plafonds de revenus	
Isolé	Couple
€ 30.000	€ 60.000

Le taux 1 % s'applique au-delà de ces plafonds de revenus.

- **BA : Depuis quand existe-t-il ?**  
QP : Il existe depuis Juin 2008.
- **BA : Combien de personnes y ont accédé ?**  
QP : 1.132 (de 2008 à juillet 2018 inclus).
- **BA : Pour quels travaux est-il utilisé ?**  
QP : Il est surtout utilisé pour l'isolation (des toits, des murs, du sol), pour le vitrage et pour chauffage. Et seulement depuis septembre 2017 pour les pompes à chaleur, les chauffe-eaux solaires et le photovoltaïque.
- **BA : Quel est le profil des requérants ?**  
QP :

### E. SITUATION SOCIALE DES BÉNÉFICIAIRES D'UN PVB

Pour la période du 01/01/2017 au 30/11/2017, voici la répartition des types de revenus pour les personnes ayant bénéficié d'un prêt vert bruxellois.



Enfin, comme demandé, sur les 19 PVB à 1%, 15 ont un CDI temps plein, 2 sont pensionnés et 2 ont des revenus « autres ».

### 1. Répartition géographique des entretiens

Entre le 1er Avril 2010 et le 31/03/2016, nous avons programmé 848 entretiens. Les statistiques ci-dessous portent sur ces entretiens.

Ratio sur base de population	Commune	Nbre dossiers	% des dossiers PVB	Population au 01/01/2015
0,11632	Jette	59	6,96	50724
0,11041	Watermael-Boitsfort	27	3,18	24454
0,10501	Saint-Gilles	53	6,25	50472
0,10044	Molenbeek-Saint-Jean	96	11,32	95576
0,09452	Forest	52	6,13	55012
0,09436	Auderghem	31	3,66	32853
0,09082	Schaerbeek	119	14,03	131030
0,08777	Berchem-Sainte-Agathe	21	2,48	23927
0,08726	Ganshoren	21	2,48	24066
0,08080	Anderlecht	94	11,08	116332
0,06029	Uccle	49	5,78	81280
0,05899	Ixelles	50	5,90	84754
0,05488	Saint-Josse	15	1,77	27332
0,05110	Koekelberg	11	1,30	21525
0,04704	Etterbeek	22	2,59	46773
0,04443	Woluwé-Saint-Lambert	24	2,83	54022
0,04273	Bruxelles	75	8,84	175534
0,03652	Woluwé-Saint-Pierre	15	1,77	41077
0,03641	Evere	14	1,65	38448

Ce tableau présente le classement des communes où le PVB est le plus utilisé au vu de la situation démographique. Les communes du top 3 étant Jette, Boitsfort et Saint gilles.

Source : rapport d'activité interne du Crédal

## 2. Le Prêt Vert Bruxellois pour le PV en particulier

- BA : *Depuis quand a-t-il été étendu au photovoltaïque ?*

QP : Le PVB est ouvert au PV depuis septembre 2017.

- BA : *Comment cela a-t-il été communiqué au public ?*

QP : Il l'a été via la Campagne coupole en septembre 2017, et via les communiqués de presse.

- BA : *Combien de personnes y ont eu accès ?*

QP : Seulement une dizaine depuis l'ouverture. Tous via le Crédal.

- BA : *Pour quelle durée empruntent-ils ?*

QP : Entre 42 et 48 mois (qui est la durée légale via le Crédal)

Le montant moyen emprunté pour ce type de travaux est de 7.713,33 € ; le montant minimum de 6.002,42 € ; le montant maximum de 9.700 €.

<http://www.credal.be/node/80>

42 mois de 5.601 € à 7.500 €
------------------------------

48 mois de 7.501 € à 10.000 €
-------------------------------

- BA : *Quel est leur profil (quartier, revenu, ...) ?*

QP : Catégorie B des primes NRJ dans 90 % des cas (revenus du ménage supérieurs à 48.000 €).  
Et près de 1/2 PVB à 1% (revenus ménage > 60.000 €).

Quartier : Forest (2), WB (1), Ixelles (1), Jette (1), Haren (1), Etterbeek (1), Auderghem (1), Molenbeek (1).

Résumé d'une entrevue en Néerlandais. Le phrasé et le vocabulaire n'engagent que la traductrice.

- *BA : BE publie des contrats types sur le partage des responsabilités, pour aider les copropriétaires et les locataires à passer au PV. Quel est le succès de ces contrats ?*

DS : Ils ont été concoctés par Apere. Ils ont ensuite été revus par un bureau juridique pour BE avant d'être publiés sur son site Web. Ils ont aussi été promus auprès de la fédération des syndicats et de l'union des propriétaires pour leurs propres sites web.

Sans avoir de statistiques sous les yeux, je pense que peu de gens ont visité les sites. Il s'agit de matières juridiques assez complexes. De plus, il existe un certain nombre de freins (techniques et juridiques) qui limitent l'accès des locataires et des copropriétaires au PV. Tant qu'ils n'auront pas été résolus, il ne paraît pas urgent de faire une promotion massive de ces contrats.

- *BA : Quelles actions de communications ont été mises en place par BE autour du PV ?*

DS : Fin 2016, début 2017 a été lancée une campagne climat, avec plusieurs thèmes en plusieurs vagues. Toutes ces vagues utilisent le même « look and feel » pour renforcer l'identité de BE et montrer le lien entre les efforts de BE et le climat. Une des vagues a concerné le PV. Des spots publicitaires TV et radio ont été publiés. L'objectif de cette campagne est de promouvoir l'image de BE et de montrer ce qu'elle fait pour le climat. Il ne s'agit pas réellement d'un appel à l'action. Des campagnes plus concrètes poussant à l'action sont probablement une piste à étudier pour l'avenir. C'est prévu pour le PV en mars avril 2019.

Suite à l'étude de Dedicated Research sur les motivations de Prosumers, nous avons aussi adapté les flyers existants insistant sur la rentabilité des installations, puisqu'il ressort que c'est l'argument qui prévaut pour passer au PV. Ces flyers ont été distribués lors de salons tels que Batibouw.

Une carte solaire a été créée. Elle indique à chaque Bruxellois le potentiel de sa toiture et les gains que le PV pourrait générer. Elle sera annoncée le 15/11 à la presse et publiée sur le site internet. A la fin de l'hiver une campagne de communication sera également réalisée.

Le site Web de BE vient d'être revu en conséquence. De plus le département communication tient une page Facebook.

Les sociétés de tiers investisseurs ont commencé à investir le marché des particuliers par des actions toutes boîtes. C'est une excellente communication qui complète celle de BE. Il est vrai que certaines personnes se méfient de leur offre, qu'ils jugent trop belles pour être vraies. Cependant des journalistes ont investigué la question et confirment que cette offre vaut la peine d'être étudiée. Comme pour chaque achat, il faut comparer prix et qualité.

- *BA : Qu'est ce qui pourrait expliquer le succès du PV en Flandres, surtout depuis la fin des subsides ?*

DS : Le ministre Tommelein a une communication très active sur ce sujet. A chaque occasion il rappelle que le PV reste rentable, même s'il l'est moins qu'avant.

De plus, ils ont déjà publié leur carte solaire il y a environ 1,5 ans. Lors de sa sortie dans het Nieuwsblad, l'information a eu un tel succès et leur site web tellement sollicité que les serveurs ont « planté ».

Finalement, il est possible que le « peer effect » fonctionne mieux en Flandres. Les toits étant plus bas, ils sont donc plus visibles que dans une agglomération urbaine. S'il est vrai que c'est aussi le cas dans les quartiers résidentiels du Sud-Est de la RBC, la RBC est pénalisée par son faible nombre d'installateurs certifiés et le fait que les installateurs wallons ne veulent pas y venir. Ils doivent subir les bouchons pour arriver à Bruxelles, plus une série de contraintes techniques, telles qu'accéder à la rue sans la bloquer, parquer son camion, prévoir un panneau d'interdiction. C'était d'autant moins intéressant qu'ils pouvaient vivre des installations faites en Wallonie. Maintenant que la bulle PV wallonne a éclaté, il est possible que la tendance s'inverse.

*BA : quel est l'objectif de la campagne coupole ?*

MH : La campagne coupole sur le thème de l'énergie a pour but de créer un lien entre l'énergie et le climat. L'idée est de faire comprendre aux gens que l'énergie (et la baisse de sa consommation) est un levier d'action dans le cadre de la lutte contre le CC. Un sondage fait récemment nous a montré que le résultat était plutôt mitigé et que les gens ne faisaient pas forcément ce lien.

Lors de cette campagne, différents thèmes ont été abordés : Le photovoltaïque, le prêt vert, Homegrade, la certification PEB,... utilisant tous le même créatif au design enfantin. Le même sondage nous a montré que ce design avait quand-même touché les gens.

*BA : quel est ou a été le calendrier de cette campagne ?*

MH : En 2017, le photovoltaïque a été promu en mai et le prêt vert en septembre, via des spots TV, radio, une campagne d'affichage, un volet online advertizing (Facebook, YouTube) et une diffusion au cinéma.

En 2018, le prêt vert a de nouveau été à l'affiche en avril et septembre (avec le même spot qu'en 2017), et les panneaux photovoltaïques en mai, avec un nouveau spot plus orienté rentabilité. Homegrade vient de faire l'objet, en novembre, d'une première campagne.

Tous les médias utilisés ont renvoyé les gens vers le site web [climat.environnement.brussels](http://climat.environnement.brussels) qui permet d'arriver à la page web dédiée au photovoltaïque plus directement qu'en passant par la homepage de Bruxelles Environnement. Il ne faut pas oublier que Bruxelles Environnement a énormément de choses à communiquer, ce qui explique pourquoi tout ne peut pas se trouver en première page.

De plus, toutes les vidéos ont été publiées sur notre page facebook. La vidéo de mai 2018 sur les panneaux solaires a eu 80 000 vues (à partir de 3 secondes pour être comptabilisée) en NL et 181 000 vues (de 3 secondes) en Français. En Français : Cela se traduit par 75 469 utilisateurs uniques atteints (car un utilisateur peut visionner la vidéo plusieurs fois) et 1293 clics sur la publication. En Néerlandais : 34 414 lecteurs uniques et 892 clics.

La carte solaire, quant-à-elle sera promue en mars avec une nouvelle créa.

Par ailleurs, nous avons aussi communiqué sur les offres gratuites d'entreprises privées pour rassurer les gens sur la légalité de cette pratique, en leur conseillant toutefois d'être attentifs aux termes du contrat et à la qualité des matériaux.

*BA : Quel a été le succès de cette campagne ?*

Comme cela a été dit plus haut, les gens ont été touchés par le design enfantin. Pour ce qui est de l'impact sur la vente de photovoltaïque, cela paraît difficile à calculer. Ces spots doivent faire leur chemin dans la pensée des gens, ce qui peut prendre du temps. Si on les sonde après qu'ils aient installés du PV, se souviendront-ils encore qu'à l'origine de leur démarche, il y avait une publicité de BE?

## 1. Segmentation

- BA : Votre étude 2018 identifie 3 segments de marché. Quel est le critère pour séparer le secteur des particuliers de celui des entreprises (n° TVA, taille installation PV, ...) ?

RT : Lors de l'introduction du dossier, le propriétaire économique de l'installation de production déclare sa qualité : personne physique, morale avec TVA, ou publique.

- BA : Disposez-vous d'informations qui permettraient d'approfondir la segmentation ?

- o Particuliers

- Par type de consommation (kWh) : toutes les quantités sont-elles représentées ?

RT : certaines valeurs non-pertinentes sont exfiltrées.

- Par type de bien : Maisons/immeubles

RT : Impossible physiquement de faire la séparation. Des maisons sont branchées électriquement de la même manière que des appartements.

- Par type de toit : Toits plats, toits en pente

RT : Non.

- Par type de propriété : propriété individuelle, copropriété. Connait-on le pourcentage de répartition entre les deux ?

RT : Actuellement, non.

- Par régime de propriété : Propriétaire occupant, bailleur, locataire

RT : Impossible.

- Informations socio-économiques : revenu, éducation, métier, âge

RT : Oui, par quartier, mais non publiée.

- o Entreprises

- Répartition par type de bien selon la classification du bâti (Ibsa)

RT : Impossible.

- Ateliers industriels, bâtiments de stockage
- Banques, immeubles de bureaux
- HORECA et bâtiments commerciaux
- Bâtiments destinés à l'aide sociale et santé
- Bâtiments destinés à l'enseign., culture et cultes
- Bâtiments destinés aux loisirs et aux sports

- Taille, chiffre d'affaire/revenu, secteur, localisation,

RT : Actuellement non. Dépend du SPF économie.

- Régime de propriété (pro, copro, locataire),

RT : Impossible.

## 2. Prix

- BA : Selon Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale relatif à la promotion de l'électricité verte, Brugel est tenu de garantir une rentabilité en 7 ans. J'ai cru comprendre que cette

obligation vise une installation de référence : inclinaison à 35°, orientation plein sud, pas d'ombres portées.

- Est-ce le cas ? Où peut-on trouver l'ensemble des critères choisis ?

RT : Notre modèle interne est une estimation sur base des moyennes constatées.

Voir proposition 22 <https://www.brugel.brussels/documents/proposals/rechercher>

Pour la rentabilité, Bruxelles Environnement

<https://environnement.brussels/thematiques/energie/lenergie-verte/le-solaire-photovoltaique> propose :

Apère <https://www.apere.org/fr/simulateur-financier-photovolta%C3%AFque>

Et l'association <https://homegrade.brussels/>

Il sera possible d'analyser le potentiel solaire lorsque le projet Carte Solaire Bruxelloise sera lancé. Voir : <http://www.dhnet.be/regions/bruxelles/energies-renouvelables-bruxelles-aura-sa-carte-solaire-en-octobre-prochain-5b3b551f5532692547dedaff>

- Pour quel type de techno (mono, poly cristallin ?)

RT : Pas pris en compte car nous constatons que ce n'est pas assez pertinent, et quasi impossible à contrôler sur place.

- BA : Dans votre étude vous différenciez le prix moyen (simple) et prix moyen pondéré. Quelle est la différence entre les deux ?

Tableau 9 : Prix moyen des panneaux par année de MES en €/kWc (2012-2016)

Année de mise en service	2012	2013	2014	2015	2016
Moyenne simple	3 264	2 676	2 495	2 724	2 062
Moyenne pondérée	2 093	3 172	1 867	1 657	1 620
2012 = 100	100	152	89	79	77

RT : Prix moyen simple : ce prix correspond au prix moyen par transaction, chaque transaction ayant le même poids.

Prix moyen pondéré : dans ce cas, les transactions ont un poids dépendant du nombre de CV concernés. Ce montant correspond donc au prix moyen par transaction pondéré par le nombre de CV par transaction. [https://www.brugel.brussels/acces\\_rapide/energies-renouvelables-11/vendre-les-certificats-verts-38](https://www.brugel.brussels/acces_rapide/energies-renouvelables-11/vendre-les-certificats-verts-38)

- BA : Selon l'Ordonnance, le coût d'investissement est « le coût moyen unitaire pour un système photovoltaïque y compris les frais de connexion au réseau de distribution, les coûts du compteur bidirectionnel et les frais administratifs afférents à l'installation (euro/kW crête)

- Que comprend le coût du système lui-même ? Uniquement le matériel ? ou l'ensemble de la facture de l'installateur y compris la main-d'œuvre ?

RT : Sur base de la facture finale. Ne sont pas inclus : étude de pertinence et de stabilité.

- Comprend-t-il aussi les frais amont tels que : la mise en conformité de la toiture (isolation, étanchéité), le prix de la grue éventuelle ? ...

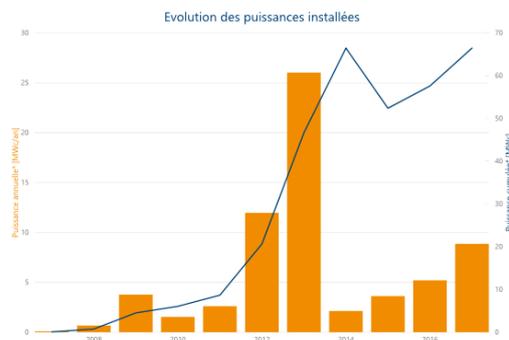
RT : Non, car ce cout ne fait pas partie de la définition d'une installation de production.

- *Et les frais aval tels qu'une solution de stockage ?*  
RT : Non, car ce cout ne fait pas partie de la définition d'une installation de production.

### 3. Technologie

- *BA : Quelle est la technologie la plus utilisée : mono ou poly-cristallin ?*  
RT : Poly, mais non pertinent, voir étude PV.
- *BA : Quand vous parlez de « haut », « moyen » et « faible » rendement, vous référez-vous respectivement à mono, poly-cristallin et multicouche ?*  
RT : Entre-autre, et sur base de la marque et des fiches techniques de leurs produits.
- *BA : Avez-vous des informations sur le nombre d'installations qui comprennent un système de stockage de l'électricité ?*  
RT : Informellement, oui. Prévu pour d'autres études futures.

### 4. Motivation



- *BA : Pourquoi ce pic puis cette chute en 2012-2013 ? Est-ce uniquement dû à un changement du coefficient multiplicateur comme vous l'indiquez dans le rapport ?*  
RT : Modification du CM et changement dans l'actualité politique en Flandre et en Wallonie. À mettre en comparaison avec la courbe d'installation de PV dans d'autres pays EU.
- *BA : Selon vous, quels sont les freins et motivations des particuliers ?*  
RT : La faible pénétration du PV à Bruxelles est déjà connue. Vous pouvez en consulter certaines raisons dans les articles de presse. (Perte de la confiance dû à une amalgame entre les différentes législations en vigueur en Belgique, actualité en Flandre et en Wallonie sur la fin des CV, paysage résidentiel, logements locatif, copro, accessibilité, âge du bâti, milieux sociaux culturels, plan d'investissement des administrations, etc.).  
- <http://www.dhnet.be/actu/economie/des-panneaux-solaires-sur-votre-toit-pour-0-non-ce-n-est-pas-une-arnaque-5babad44cd70d3638d8b2bec>  
- à partir de 31min48 [https://www.rtf.be/auvio/detail\\_questions-a-la-une?id=2334219](https://www.rtf.be/auvio/detail_questions-a-la-une?id=2334219)  
- <https://www.test-achats.be/maison-energie/energie-renouvelable/dossier/panneaux-photovoltaiques-toujours-interessant/garanties-et-contrats>  
- <https://www.rtl.be/info/vous/temoignages/-une-societe-me-propose-d-installer-gratuitement-des-panneaux-solaires-samir-se-demande-si-brusol-est-une-arnaque-on-a-la-reponse-1056609.aspx>

- BA : *Même question pour les entreprises ?*

RT : Informellement, intéressant uniquement pour les entreprises qui consomment en journée, durant le pic, et qui sont propriétaire de leur bâtiment.

- BA : *Selon vous, quelles solutions apporter pour débloquer la situation ?*

RT : Nous ne pouvons que vous référer à la stratégie de la Ministre et de l'administration de Bruxelles Environnement.

## **5. Comparaison à d'autres villes**

- BA : *Avez-vous déjà tenté de comparer Bruxelles à d'autres villes belges et étrangères au niveau du succès du PV ? Dans l'affirmative, quelles conclusions ont-elles pu être tirées ?*

RT : Oui, mais difficile et pas de résultat car les données sont quasi inexistantes et/ou très difficiles à trouver.

Il est plus facile de simplement comparer la ville de Bruxelles à des régions. Il y a donc systématiquement un biais.

- BA : *Quel est selon vous le meilleur critère pour comparer des villes entre elles ? Je me suis essayée à quelques calculs avec des résultats très contrastés.*

RT : Nous ferons plusieurs exercices lors de la prochaine étude.

- *Wc/habitant (cela semble inversement proportionnel à la densité de population)*
- *Wc/superficie (bâtie ou non) du territoire*
- *Wc/superficie (bâtie ou non) dévolue à chaque ménage*  
RT : Compliqué
- *# installations/# bâtiments*
- *# installations/# bâtiments en propriété individuelle*
- *# installations/surface dévolue à chaque ménage*
- ...

## **6. Données**

BA : *Ces données existent-elles pour 2017 ?*

RT : Nous lancerons le travail sur la version 2017 de l'étude parc PV à partir de décembre 2018. Certaines des questions sont déjà prévues dans la périmètre d'analyse.

## HOMEGRADE

Jimmy Saudoyer – 12 octobre 2018

- *BA : Combien de ménages Bruxellois sont-ils susceptibles de faire appel à vos services ?*

JS : Il y a environ 573.000 ménages en RBC. Tous les ménages bruxellois peuvent faire appel à nos services. Concernant les ménages résidants en copropriété, nous réalisons également des accompagnements pour leur logement personnel (exemple châssis vitrage/ système de chauffage et production ECS individuel/ probabilité d'humidité/ gestes URE etc ...) ainsi que des séances d'informations lors des AG afin d'aider les copropriétaires à comprendre les problématiques diverses qu'elles soient techniques/financières (primes)/en matière avec les normes et réglementations. Concernant l'accompagnement technique pour les parties communes, là ils doivent faire appel au FBD.

- *BA : Quel est le nombre de ménages qui a déjà fait appel à vos services, y compris avant votre changement de nom. Avez-vous une moyenne annuelle ? Et observez-vous une tendance à la hausse ou à la baisse ?*

JS : Nous comptabilisons environs 10.000 contacts par an pour l'ensemble de nos services. Ce sont les contacts de première ligne, via le téléphone ou le guichet. Ca ne correspond pas à un nombre de personnes ou de ménages. En effet, une personne qui appelle 2 fois, est comptabilisée 2 fois. Il faut préciser que lorsqu'il s'agit d'un dossier avec suivi (visite à domicile/ accompagnement des travaux/ accompagnement financier) les contacts suivants ne sont plus comptabilisés. Les demandes sont soit traitées directement (petites demandes), soit envoyée à un conseiller si elles nécessitent un approfondissement (part extrêmement importante de notre travail). La difficulté à comptabiliser les demandes tient au fait que nous utilisons encore 2 outils de CRM hérités de la fusion des Maisons de l'Énergie et du Centre Urbain.

- *BA : Même question pour le PV.*

JS : Sur base de leur titre (encodé dans le CRM), le nombre de demandes contenant les mots « panneaux » ou « photovoltaïque » s'élevait à 35 en 2017 et 65 en 2018. Ce n'est bien sûr qu'une première approximation. Auparavant les demandes PV n'étaient pas réellement comptabilisées.

- *BA : Pour le PV, quel est leur profil de vos requérants ? Avez-vous des informations*

- *socio-économiques les concernant (revenu, niveau d'éducation, âge, nationalité)*

JS : Généralement la demande d'infos pour PV vient plutôt des ménages aux revenus élevés ou qui ont une certaine connaissance environnementale. Cependant, ces derniers mois avec le développement du tiers investisseur et de leurs actions toute boîte, les demandent proviennent de tous milieux confondus tant au niveau socio-économiques qu'au niveau éducation/connaissance de la technologie PV.

- *géographique (commune)*

JS : On reçoit des demandes venant de toutes les communes de la RBC.

- *selon le régime de propriété (propriétaires, copropriétaires, bailleur, locataire)*

JS : Il s'agit principalement de propriétaires (propriétaires et copropriétaires)

- *le type de bien (maison, immeuble)*

JS : Il s'agit surtout de maison unifamiliale principalement et dans une moindre mesure de maison de rapport et de manière encore moins importante d'immeuble de copropriété (appartements). Je dirais que les maisons unifamiliales représentent 70% des cas, mais il s'agit d'un ressenti et pas d'une donnée factuelle.

- *BA : Quelle est la proportion des gens qui installent effectivement du PV après avoir reçu vos conseils ? Est-ce une information dont vous disposez ?*

JS : Il est impossible de répondre à cette question. On ne le sait que dans certains cas, quand on voit les devis où à l'époque où on introduisait des demandes de primes, mais elles n'existent plus.

- *BA : Pourquoi ceux qui abandonnent le font-ils ?*

JS : Une première raison pourrait être le coût d'investissement dans une installation qui varie entre 4.000 et 8.000 € (maison unifamiliale mitoyenne). Les gens ne savent pas forcément que le PV peut être financé par le prêt vert Bruxellois. Cependant, BE en fait de plus en plus de publicité. Nous sommes considérés comme un « incitateur » pour le prêt vert, nous sommes généralement la 1ère ligne d'aide par rapport à ce service. Nous les en informons et le cas échéant, nous aidons les gens à compléter leur dossier pour le prêt. Une autre raison pourrait être qu'ils renoncent à l'achat d'une installation pour recourir aux services d'un tiers investisseur. Ils ne renoncent donc pas eu PV dans ce cas. Autre raison : les démarches administratives pour mettre l'installation en service + contrôle RGIE + démarches CV avec Brugel. Ceci constitue également un frein pour certains ménages.

- *BA : Pour ceux qui continuent, avez-vous des statistiques sur la puissance installée et le choix technologique ?*

JS : Dans 9 cas sur 10, du Monocristallin qui est plus productif. C'est aussi ce que nous recommandons. Dans une logique de rentabilité à court terme, nous conseillons aussi de rester sous le 5kWc pour toucher plus de CV par MWh produit. Cela a du sens tant que le principe de « compensation » est maintenu (jusqu'en 2020). Dans une logique de rentabilité sur le long terme, avec la fin de la compensation, nous conseillons (déjà maintenant, dans certains cas) aux gens de placer la puissance maximale de panneaux et surtout de tout mettre en œuvre pour maximiser leur autoconsommation, par exemple en déplaçant en journée leurs charges de consommation, en reliant les panneaux PV à des boilers électriques via optimiser ou en reliant les panneaux PV à un ballon d'eau chaude sanitaire via un « PV heater ».

- *BA : Votre mission consiste-elle uniquement à répondre aux sollicitations des particuliers, ou êtes-vous aussi tenus à une démarche proactive ?*

JS : L'Europe impose des actions au niveau des États et des Régions en matière de réduction des consommations d'énergie, c'est dans cette optique que nos services ont été créés. Dès lors, nous avons pour mission de répondre aux demandes des citoyens résidant dans la Région de Bruxelles-Capitale en matière de logement/énergie/rénovation, etc... Nous n'avons pas pour fonction de les démarcher. Cependant Bruxelles Environnement (notre structure faitière)

distribuons des prospectus « toute boîte » qui expliquent l'ensemble de nos services, donc pas spécifiquement pour le PV.

- *BA : Existe-t-il encore des primes communales ?*

JS : Pas à ma connaissance, pour le PV.

- *BA : Selon votre expérience, quels sont les freins et motivations des Bruxellois pour la pose de PV ?*

JS : La question principale des gens intéressés par le PV est la rentabilité et le temps de retour sur investissement. Les gens veulent surtout faire une économie sur leur consommation d'énergie (et donc sur la facture). L'environnement n'est que dans de très rare cas la motivation des acheteurs. Certaines personnes sont déjà bien renseignées au sujet de la rentabilité. D'autres pas.

Trois craintes principales sont à noter :

- La peur des tiers investisseurs. Ils font beaucoup de « toute boîte » et les gens ne savent pas quoi en penser. Ils se demandent si ce n'est pas une arnaque. Nous analysons donc avec eux les contrats. Nous leur conseillons par exemple d'étendre la garantie sur l'onduleur à 12 ans et pas à 5 ans comme parfois proposé. Nous regardons également si le contrat mentionne une clause d'indemnité en cas d'arrêt de consommation afin de la faire changer en clause d'indemnités en cas d'arrêt de production.
  - Les gens ont peur de ce qui leur semble être un sujet très technique et très complexe. Alors que selon moi, ça n'est pas plus complexe que l'isolation d'une toiture. Il semble y avoir une grande méconnaissance du système. Nous sommes obligés de vulgariser des notions comme autoconsommation, compensation, kWc,...
  - Les messages véhiculés par les médias sur la bulle CV en Wallonie. Beaucoup de gens ne savent pas que l'énergie est une compétence régionale et que la politique PV en RBC n'a rien à voir avec celle de la Région Wallonne. C'est d'autant plus marqué que la majorité de la population Bruxelloise est francophone. Il serait utile de faire un gros effort de communication à ce sujet.
- *BA : Quelles solutions pensez-vous qu'il faudrait apporter pour améliorer la situation ?*
- Je trouverais utile que la RBC relance les primes pour le PV. Il existe bien des primes pour des investissements qui sont également rentables assez rapidement (isolation, chauffage).

## Annexe 4 – Production possible par les segments cibles

TABEAU 38 : PRODUCTION POTENTIELLE DES MAISONS INDIVIDUELLES OCCUPÉES PAR LEURS PROPRIÉTAIRES

Maisons individuelles occupées par le PROPRIÉTAIRE													
Commune	Position (# installations par 1000 habitants)	# maisons (01/01/17)	% propriétaires occupants	# maisons occupées par propriétaires	# total installations PV fin 2016	% installations PV installées dans maisons	# installations PV dans maisons	# maisons disponibles pour PV	Puissance moyenne installations 2012 à 2016 (kWc)	Productivité moyenne installations MES en 2015 (kWh/kWc)	Production possible (GWh)	Production cumulée (GWh)	
WATERMAEL-BOITSFORT	1	5 844	49,79%	2 910	158	70%	111	2 799	3,93	810	8,91	8,91	
WOLUWE-SAINT-PIERRE	2	7 982	54,28%	4 333	255	70%	179	4 154	3,93	810	13,22	22,13	
BERCHEM-SAINTE-AGATHE	3	3 391	53,15%	1 802	148	70%	104	1 699	3,93	810	5,41	27,54	
AUDERGHEM	4	6 402	52,41%	3 355	186	70%	130	3 225	3,93	810	10,27	37,81	
UCCLE	5	13 435	50,90%	6 838	378	70%	265	6 574	3,93	810	20,93	58,73	
WOLUWE-SAINT-LAMBERT	6	6 964	44,25%	3 082	206	70%	144	2 937	3,93	810	9,35	68,09	
JETTE	7	5 159	47,57%	2 454	156	70%	109	2 345	3,93	810	7,46	75,55	
GANSHOREN	8	2 195	45,99%	1 009	68	70%	48	962	3,93	810	3,06	78,61	
EVERE	9	3 922	43,26%	1 697	110	70%	77	1 620	3,93	810	5,16	83,77	
IXELLES	10	8 139	28,87%	2 350	173	70%	121	2 229	3,93	810	7,09	90,86	
BRUXELLES	11	14 936	28,59%	4 270	345	70%	242	4 029	3,93	810	12,82	103,69	
ETTERBEEK	12	4 810	32,83%	1 579	78	70%	55	1 525	3,93	810	4,85	108,54	
ANDERLECHT	13	13 051	41,10%	5 364	192	70%	134	5 230	3,93	810	16,65	125,19	
FOREST	14	5 095	39,97%	2 036	81	70%	57	1 980	3,93	810	6,30	131,49	
SCHAERBEEK	15	13 043	38,24%	4 988	187	70%	131	4 857	3,93	810	15,46	146,95	
KOEKELBERG	16	1 461	41,46%	606	22	70%	15	590	3,93	810	1,88	148,83	
SAINT-GILLES	17	4 284	25,55%	1 095	41	70%	29	1 066	3,93	810	3,39	152,22	
MOLENBEEK-SAINT-JEAN	18	5 751	37,79%	2 173	65	70%	46	2 128	3,93	810	6,77	159,00	
SAINT-JOSSE-TEN-NOODE	19	2 268	29,40%	667	11	70%	8	659	3,93	810	2,10	161,09	
<b>TOTAL</b>		128 132		52 608	2 860		2 002	50 606			<b>161,09</b>		
Sources		lbsa 11.2.1.3	<a href="#">census 2011</a>		Brugel 2018	Homegrade			Brugel 2018	Brugel 2018			

TABLEAU 39 : PRODUCTION POTENTIELLE DES MAISONS INDIVIDUELLES OCCUPÉES PAR UN LOCATAIRE

Maison individuelle occupée par un LOCATAIRE													
Commune	Position	# maisons (01/01/17)	% louées	# maisons occupées par locataires	# total installations PV fin 2016	% installé dans maisons louées	# installations dans maisons	# maisons disponibles	Puissance moyenne installations 2012 à 2016 (kWc)	Productivité moyenne installations MES 2015 (kWh/kWc)	Production possible (GWh)	Production cumulée (GWh)	
WATERMAEL-BOITSFORT	1	5 844	50,21%	2 934	158	0%	0	2 934	3,93	810	9,34	9,34	
WOLUWE-SAINT-PIERRE	2	7 982	45,72%	3 649	255	0%	0	3 649	3,93	810	11,62	20,96	
BERCHEM-SAINTE-AGATHE	3	3 391	46,85%	1 589	148	0%	0	1 589	3,93	810	5,06	26,01	
AUDERGHEM	4	6 402	47,59%	3 047	186	0%	0	3 047	3,93	810	9,70	35,71	
UCCLE	5	13 435	49,10%	6 597	378	0%	0	6 597	3,93	810	21,00	56,71	
WOLUWE-SAINT-LAMBERT	6	6 964	55,75%	3 882	206	0%	0	3 882	3,93	810	12,36	69,07	
JETTE	7	5 159	52,43%	2 705	156	0%	0	2 705	3,93	810	8,61	77,68	
GANSHOREN	8	2 195	54,01%	1 186	68	0%	0	1 186	3,93	810	3,77	81,46	
EVERE	9	3 922	56,74%	2 225	110	0%	0	2 225	3,93	810	7,08	88,54	
IXELLES	10	8 139	71,13%	5 789	173	0%	0	5 789	3,93	810	18,43	106,97	
BRUXELLES	11	14 936	71,41%	10 666	345	0%	0	10 666	3,93	810	33,95	140,92	
ETTERBEEK	12	4 810	67,17%	3 231	78	0%	0	3 231	3,93	810	10,28	151,21	
ANDERLECHT	13	13 051	58,90%	7 687	192	0%	0	7 687	3,93	810	24,47	175,68	
FOREST	14	5 095	60,03%	3 059	81	0%	0	3 059	3,93	810	9,74	185,41	
SCHAERBEEK	15	13 043	61,76%	8 055	187	0%	0	8 055	3,93	810	25,64	211,05	
KOEKELBERG	16	1 461	58,54%	855	22	0%	0	855	3,93	810	2,72	213,78	
SAINT-GILLES	17	4 284	74,45%	3 189	41	0%	0	3 189	3,93	810	10,15	223,93	
MOLENBEEK-SAINT-JEAN	18	5 751	62,21%	3 578	65	0%	0	3 578	3,93	810	11,39	235,32	
SAINT-JOSSE-TEN-NOODE	19	2 268	70,60%	1 601	11	0%	0	1 601	3,93	810	5,10	240,42	
<b>TOTAL</b>		<b>128 132</b>		<b>75 524</b>	<b>2 860</b>		<b>0</b>	<b>75 524</b>			<b>240,42</b>		
Sources		lbsa 11.2.1.3	<a href="#">census 2011</a>		Brugel	Homegrade			Brugel	Brugel			

Au 31/12/16, il y avait en RBC 2.860 installations pour 128.132 maisons, soit un taux de pénétration de 2,23%.

Pour les 6 communes de tête, ce taux était de 1.131/44.018 = 3%.

TABLEAU 40 : PRODUCTION POTENTIELLE DES IMMEUBLES DE RAPPORT

localité	Classement des densités d'installations	rubrique détail	superficie totale parcelles (ha)	% bâtie	Superficie totale des toits (m2)	Coefficient d'utilisation de la toiture	Superficie disponible pour panneaux (m2)	#m2 nécessaires pour installer 1kWc (rendement faible)	Puissance installable totale (kWc)	Puissance installée cumulée (kWc) 2016	% PV installé dans immeuble	Puissance déjà installée dans immeubles	Puissance installable restante (kWc)	Productivité moyenne installations MES 2015 (kWh/kWc)	GWh produisibles	GWh cumulés
WATERMAEL-BOITSFORT	1	- immeubles à appartement:	8	27,89%	23 306	0,5	11 653	7,35	1 585	424	30%	127	1 458	810	1,18	1,18
WOLUWE-SAINT-PIERRE	2	- immeubles à appartement:	15	27,89%	41 468	0,5	20 734	7,35	2 821	841	30%	252	2 569	810	2,08	3,26
BERCHEM-SAINTE-AGATHE	3	- immeubles à appartement:	12	27,87%	32 367	0,5	16 183	7,35	2 202	404	30%	121	2 081	810	1,69	4,95
AUDERGHM	4	- immeubles à appartement:	6	27,89%	17 921	0,5	8 960	7,35	1 219	532	30%	160	1 059	810	0,86	5,81
UCCLE	5	- immeubles à appartement:	35	27,89%	97 751	0,5	48 876	7,35	6 650	1 299	30%	390	6 260	810	5,07	10,88
WOLUWE-SAINT-LAMBERT	6	- immeubles à appartement:	20	27,89%	54 865	0,5	27 432	7,35	3 732	592	30%	178	3 555	810	2,88	13,76
JETTE	7	- immeubles à appartement:	10	28,24%	28 462	0,5	14 231	7,35	1 936	454	30%	136	1 800	810	1,46	15,21
GANSHOREN	8	- immeubles à appartement:	11	25,47%	28 227	0,5	14 114	7,35	1 920	221	30%	66	1 854	810	1,50	16,71
EVERE	9	- immeubles à appartement:	11	26,61%	30 116	0,5	15 058	7,35	2 049	377	30%	113	1 936	810	1,57	18,28
IXELLES	10	- immeubles à appartement:	17	47,89%	82 125	0,5	41 062	7,35	5 587	513	30%	154	5 433	810	4,40	22,68
BRUXELLES	11	- immeubles à appartement:	56	28,36%	159 636	0,5	79 818	7,35	10 860	1 120	30%	336	10 524	810	8,52	31,21
ETTERBEEK	12	- immeubles à appartement:	14	56,09%	80 642	0,5	40 321	7,35	5 486	221	30%	66	5 420	810	4,39	35,60
ANDERLECHT	13	- immeubles à appartement:	17	25,57%	42 202	0,5	21 101	7,35	2 871	600	30%	180	2 691	810	2,18	37,78
FOREST	14	- immeubles à appartement:	15	34,69%	50 406	0,5	25 203	7,35	3 429	243	30%	73	3 356	810	2,72	40,50
SCHAERBEEK	15	- immeubles à appartement:	17	48,91%	83 521	0,5	41 760	7,35	5 682	543	30%	163	5 519	810	4,47	44,97
KOEKELBERG	16	- immeubles à appartement:	6	50,83%	31 541	0,5	15 770	7,35	2 146	53	30%	16	2 130	810	1,73	46,69
SAINT-GILLES	17	- immeubles à appartement:	6	65,72%	37 456	0,5	18 728	7,35	2 548	114	30%	34	2 514	810	2,04	48,73
MOLENBEEK-SAINT-JEAN	18	- immeubles à appartement:	29	44,46%	127 375	0,5	63 688	7,35	8 665	194	30%	58	8 607	810	6,97	55,70
SAINT-JOSSE-TEN-NOODE	19	- immeubles à appartement:	3	64,86%	20 790	0,5	10 395	7,35	1 414	34	30%	10	1 404	810	1,14	56,84
		<b>Total</b>	<b>308</b>		<b>1 070 178</b>		<b>535 089</b>		<b>72 801</b>	<b>8 779</b>			<b>70 168</b>		<b>56,84</b>	
<i>Sources</i>			<i>Statbel <a href="#">monitoring des quartiers</a></i>			<i><a href="#">cleantech guide.com</a></i>			<i>Huart</i>	<i>Brugel 2018</i>		<i>Homegrade</i>	<i>Brugel 2018</i>			

TABLEAU 41 : PRODUCTION POTENTIELLE DE SOLAR CLICK

Superficie de panneaux (m2)	#m2 nécessaires pour installer 1kWc (rendement faible)	Puissance installable totale (kWc)	Productivité moyenne installations MES 2015 (kWh/kWc)	GWh produisibles
85 000	7,35	11 565	810	9,37

## Annexe 5 – Choix des pays à cibler

Au niveau Européen, seule l'Allemagne et l'Italie devançaient en 2016 la Belgique en nombre de Wc par habitant.

TABLEAU 42 : PUISSANCE PHOTOVOLTAÏQUE PAR HABITANT DES DIFFÉRENTS PAYS DE L'UE EN 2016 (Wc/Hab)

Allemagne	503,1	Espagne	103,4
Italie	317,7	Slovaquie	100,5
Belgique	302,8	Roumanie	69,4
Grèce	241,4	Chypre	64,7
Luxembourg	212,8	Portugal	45,4
Rép. tchèque	194,0	Hongrie	29,3
Malte	188,8	Lituanie	27,7
Royaume-Uni	176,8	Suède	15,6
Danemark	150,4	Croatie	12,0
Bulgarie	144,3	Estonie	7,7
Slovénie	125,5	Pologne	5,2
Autriche	123,9	Finlande	3,6
Pays-Bas	120,1	Irlande	1,1
France (DOM inclus)	107,3	Lettonie	0,8

Source: EurObserv'ER 2017

Au niveau mondial, entre 2007 et 2012, la Belgique occupait le 8<sup>ème</sup> rang des pays en termes de puissance installée (Sahu, 2015). Une remise à jour la place en 12<sup>ème</sup> position (Irena, 2017). Les pays non européens ayant une puissance installée cumulée supérieure à celle de la Belgique en 2017 étaient au nombre de six, comme l'indique le tableau suivant.

TABLEAU 43 : PUISSANCE PHOTOVOLTAÏQUE DES DIFFÉRENTS DES PAYS NON EUROPEENS AYANT UNE PLUS GRANDE PUISSANCE INSTALLÉE QUE LA BELGIQUE

Pays	Puissance installée (MW)	Population	Wc/habitant
Chine	130.631,91	1.398.914.528	93,4
Japon	49.040,00	126.730.302	387,0
USA	41.273,00	328.103.285	125,8
Inde	17.644,34	1.295.237.138	13,6
Australie	5.929,00	25.003.245	237,1
Corée du Sud	5.062,00	51.755.792	97,8

Source : Irena, Populationdata

Si l'on rapporte cette puissance installée à la population, seul le Japon a fait mieux que la Belgique. Il serait donc intéressant de rechercher des villes se situant en Allemagne, en Italie et au Japon, ainsi qu'en Wallonie et en Flandres qui font également mieux, comme l'indique le tableau suivant.

TABLEAU 44 : PUISSANCE INSTALLÉE PAR HABITANT EN BELGIQUE

Région	Puissance installée cumulée (MWc)	Population (01/01/18)	Puissance installée (Wc/hab)	Rapport des villes (BXL =100%)
Bruxelles	66	1 198 726	55	100 %
Flandre	2 807	6 552 967	428	778 %
Wallonie	1 003	3 624 377	277	504 %

Source : Apere, Statbel

## Annexe 6 – Statistiques PV en Région Wallonne et à Namur

### NAMUR

TABLEAU 45 : ÉVOLUTION DU NOMBRE D'INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUE ET DE LA PUISSANCE INSTALLÉE À NAMUR (2008 – 2017)

Année	Habitants	UPD	Nouvelles installations	kVA	Puissance additionnelle	UPD/1000 hab	kVA par 1000 hab
2008	108 950	82	82	309	309	1	3
2009	108 950	405	323	1 680	1 371	4	15
2010	109 765	659	254	2 872	1 192	6	26
2011	110 096	1 353	694	6 472	3 600	12	59
2012	110 500	2 680	1 327	13 651	7 179	24	124
2013	110 665	3 211	531	16 721	3 070	29	151
2014	110 646	3 267	56	17 018	297	30	154
2015	110 632	3 370	103	17 513	495	30	158
2016	110 632	3 536	166	18 346	833	32	166
2017	110 628	3 744	208	19 208	862	34	174

Source: Cwape

FIGURE 25 : ÉVOLUTION DU NOMBRE DE NOUVELLES INSTALLATIONS À NAMUR (2008 – 2017)

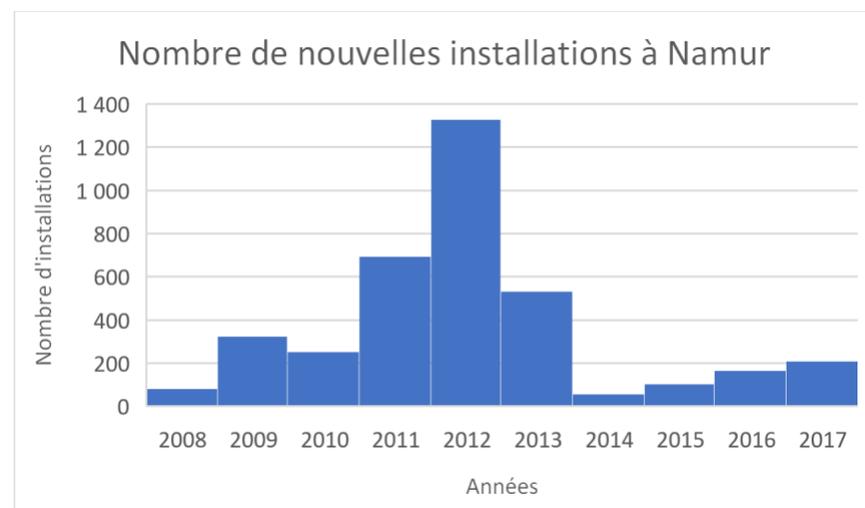
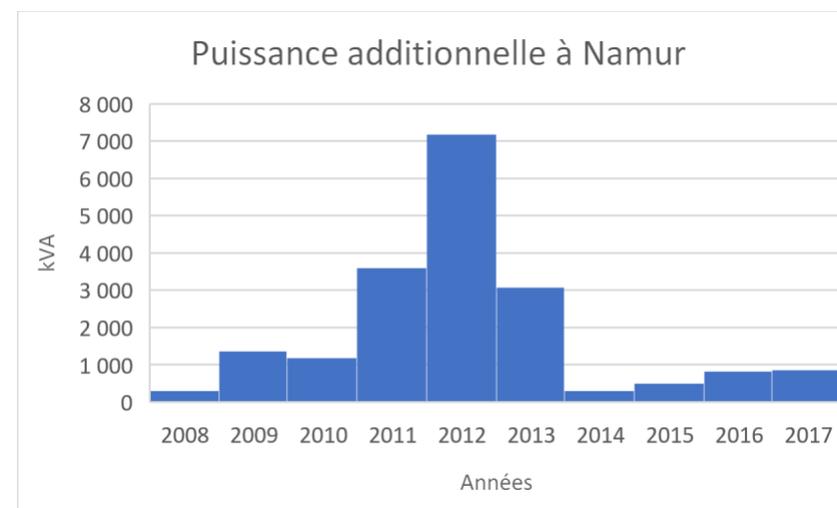


FIGURE 26 : ÉVOLUTION DE LA PUISSANCE INSTALLÉE À NAMUR (2008 – 2017)



## RÉGION WALLONNE

TABLEAU 46 : ÉVOLUTION DU NOMBRE D'INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUE ET DE LA PUISSANCE INSTALLÉE EN RÉGION WALLONNE (2008 – 2017)

Année	Habitants	UPD	Nouvelles installations	kVA	Puissance additionnelle	UPD/1000 hab	kVA par 1000 hab
2008	3 498 384	3 235	3 235	12 864	12 864	1	4
2009	3 498 384	14 497	11 262	61 521	48 657	4	18
2010	3 525 540	23 555	9 058	106 966	45 446	7	30
2011	3 546 329	49 903	26 348	251 762	144 796	14	71
2012	3 563 060	99 008	49 105	531 573	279 812	28	149
2013	3 576 325	120 661	21 653	663 508	131 935	34	186
2014	3 589 744	123 042	2 381	676 422	12 914	34	188
2015	3 602 216	127 202	4 160	698 028	21 607	35	194
2016	3 602 216	133 183	5 981	730 098	32 069	37	203
2017	3 614 473	141 512	8 329	770 300	40 203	39	213

Source: Cwape

FIGURE 27 : ÉVOLUTION DU NOMBRE DE NOUVELLES INSTALLATIONS EN RÉGION WALLONNE (2008 – 2017)

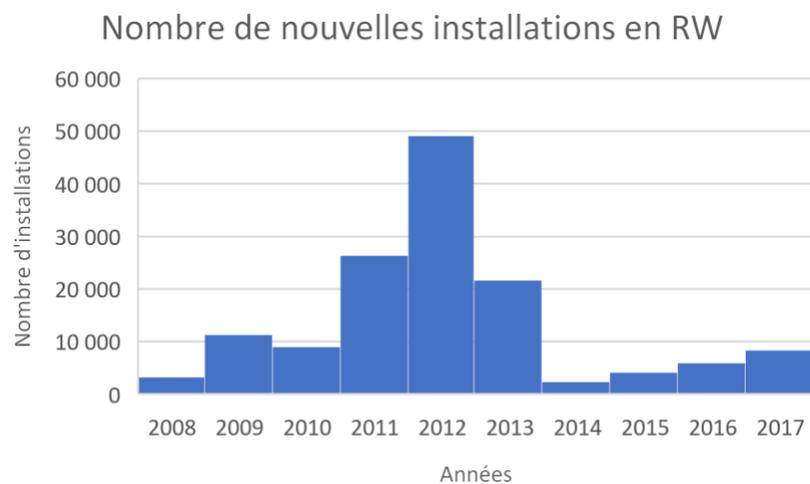
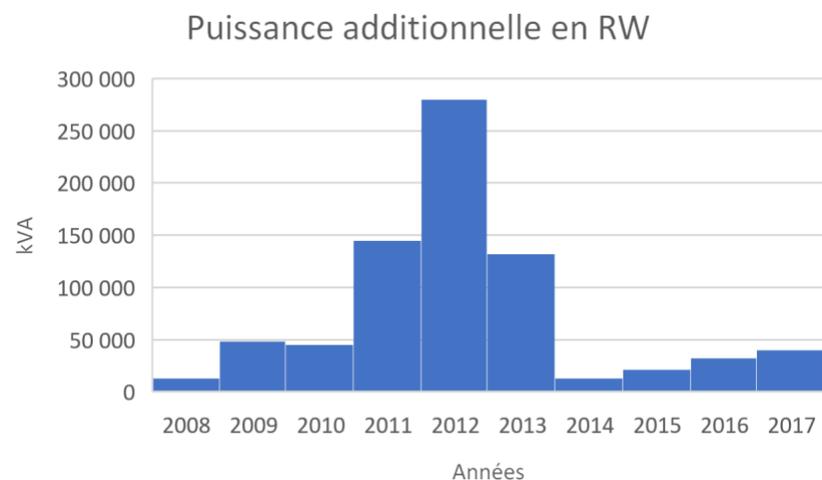


FIGURE 28 : ÉVOLUTION DE LA PUISSANCE INSTALLÉE EN RÉGION WALLONNE (2008 – 2017)



## Annexe 7 – Prêts bancaires

La plupart des banques présentes sur le marché belge proposent également des prêts verts à des taux relativement bas. Ainsi, au 28 juillet 2018, on pouvait trouver sur leurs sites, avant négociation, les offres suivantes :

<b>Banque</b>	<b>Produit</b>	<b>Taux Annuel Effectif Global</b>
Axa	Energy@home	2,69%
Belfius	Prêt vert rénovation	1,55%
Beobank	Eco crédit	1,99%
BNP Paribas Fortis	Crédit énergie	1,95%
CBC	Prêt énergie verte	2,20%
CPH	Prêt énergie	1,49 à 2,69%
Crelan	Financement éco-énergie	1,59 à 2,07%
ING	Travaux de rénovation énergétique	1,95%
KBC	Prêt énergie verte	1,59%

## Annexe 8 – Carte solaire

Article paru dans le Soir, le 15 novembre 2018, le lendemain de la conférence de presse annonçant la mise en ligne de la carte solaire.

Dès les premières lignes, le lecteur est orienté vers un autre article nettement favorable.

**B**ruelles Environnement a publié jeudi une «Carte solaire» qui permet aux habitants de la capitale d'estimer le coût et les gains d'une installation photovoltaïque.

En entrant son adresse sur [www.cartesolaire.brussels](http://www.cartesolaire.brussels), chaque Bruxellois reçoit gratuitement une estimation du potentiel solaire photovoltaïque et thermique de son toit.

---

Lire aussi



**[A Bruxelles, les propriétaires de panneaux devront passer à la caisse](#)**

---

Après avoir inséré son adresse, l'habitant a accès à une représentation visuelle de sa toiture. Il est informé des zones de son toit qui représentent un potentiel solaire, de la quantité de panneaux photovoltaïques nécessaires pour maximiser sa production et du coût de l'installation. Il reçoit également une estimation des gains que celle-ci peut engendrer, grâce à la vente des certificats verts pendant 10 ans et aux économies d'énergie, sans oublier les gains environnementaux. D'autres informations sont également disponibles, dont une liste des installateurs certifiés et les mensualités de remboursement en cas d'emprunt. L'utilisateur peut télécharger un rapport de simulation et contacter un installateur, qui viendra peaufiner l'estimation.

Les internautes ne sont pas en reste. Sur les 5 commentaires, 1 seul est positif.



**Charles Leclerc**

Nous n'avons pas besoin d'une carte solaire! Si nous voulons sortir du fossile, aidons les citoyens! Le plus simple, défiscaliser les habitations 0 carbone! Supprimer le PI des bâtiments qui produisent plus d'énergies qu'ils n'en consomment et libéraliser le marché électrique! Mon toit est suffisant pour ma consommation électrique, véhicule compris, et il y a 5,5 millions de toits en BELGIQUE!

J'aime · Répondre · 3 j



**Yves Deletrain**

Humm, et votre véhicule n'est donc pas rechargé pendant la nuit ou les journées pluvieuses? Le photovoltaïque a un intérêt, mais dans un contexte de mix uniquement...

J'aime · Répondre · 3 j



**Oliver Pareto**

J'ai vérifié pour chez moi : pas bon. Ne tient pas compte correctement des différents niveaux de toiture et de l'ombre des voisins. Est bcp trop optimiste par rapport à la réalité

J'aime · Répondre · 4 j



**Oliver Pareto**

En plus le gain qu'il prédit sur ma consommation électrique est plus élevée que ma consommation ...

J'aime · Répondre · 4 j



**Luc Masure**

Magnifique application. Félicitations!

J'aime · Répondre ·  1 · 4 j



**Alexovna Zaptropa**

J'ai fait le teste me donne 39% en + , merci pour le rêve

J'aime · Répondre · 3 j

## Annexe 9 – Comparaison des simulateurs

### Hypothèses

- Toiture inclinée
- Surface du toit : 28 m<sup>2</sup>
- Facture d'électricité avant PV : 716€

Hypothèses de calcul (Année 2016)	
Consommation électrique annuelle	3,000 kWh/an
Puissance crête de l'installation	3.70 kWc
Investissement initial net	6 296.00 €, TVAC
Prix moyen de l'électricité	0.24 €/kWh
Indexation annuelle du prix de l'électricité (inflation comprise)	3.00 %
Pourcentage d'électricité autoconsommée	25 %
Prix de vente de l'électricité injectée sur le réseau	0.03 €/kWh
Taux d'actualisation	4.00 %
Date de la réception de l'installation	Deuxième semestre 2018
Durée d'octroi des certificats verts	10 ans
Prix de vente d'un CV	90 €

### Résultats

Résultats (Année 2016)	
<i>Pour la première année</i>	
Production photovoltaïque annuelle	3 515.00 kWh
Economie sur la facture d'électricité	737.48 €
Vente des certificats verts ?	949.05 €
<i>Coût total actualisé sur 25 ans</i>	
Sans installation photovoltaïque	15 825.49 €
Avec installation photovoltaïque	9 109.31 €
<i>Indicateurs de rentabilité</i>	
Economie ou valeur actuelle nette - VAN ?	6 716.18 €
Temps de retour actualisé - TRA ?	4.87 ans
Taux de rentabilité interne modifié - TRIM ?	7.11 %

Simulateur BA	
3000	1
228,19	2
623,08	3
15.819,08	4
20.014,69	5
2357,14	6
19,20	7
Non calculé	8

- 1) Le simulateur de l'Apere tient compte d'une productivité de 930 kWh/kWc, ce qui est vraisemblable pour une orientation Sud 35° laissée telle quelle dans le simulateur. Ce n'est toutefois pas ce qui a été observé par Brugel à l'échelle de la RBC. De plus, le simulateur de l'Apere autorise le surdimensionnement de l'installation (production > consommation), ce qui n'est pas dans les statistiques Brugel. Si ces deux hypothèses sont adaptées dans notre configurateur, le résultat est aussi de 3.515 kWh.
- 2) L'économie sur la facture est la somme des gains sur les prélèvements et de la revente du surplus. Le surplus réinjecté à 0,03 €/kWh est déterminé par la production moins la part autoconsommée (25%), ce qui donne  $75\% * 3515 \text{ kWh} * 0,03 \text{ €}_{\text{actu}} = 78,34 \text{ €}$ . La quantité prélevée dépend de la consommation et du taux d'autoproduction qui n'est pas indiqué dans le configurateur de l'Apere. Brugel nous indique qu'il est de 25% pour une  $P_e \leq 5 \text{ kWc}$ . Elle devrait donc être de  $75\% * 3000 \text{ kWh} = 2250 \text{ kWh}$ . Or, l'économie sur la facture telle qu'obtenue par l'Apere, ne peut être atteinte ou presque (730,73) dans notre configurateur que si les prélèvements sont nuls, mais les coûts fixes dus, et que l'on ne tient compte ni de l'inflation, ni

de l'actualisation. Nous ne nous l'expliquons pas une telle hypothèse de l'Apere, mais ne pouvons pas identifier d'erreur dans notre simulateur.

- 3) Le simulateur de l'Apere utilise encore les taux d'octroi de 3 CV/MWh pour une  $P_e \geq 5 \text{ kWc}$ , alors que celui-ci est déjà passé à 2,4. De plus il utilise une production de 3.515 kWh et non pas de 3000 kWh. Enfin, il n'applique pas de taux d'actualisation sur les CV. Avec ces nouveaux paramètres, on obtient le même gain de 949,16 € la première année.
- 4) Le coût des prélèvements sur le réseau est identique dans les deux simulateurs si les taux d'actualisation et d'inflation sont pris en compte sans décalage temporel.
- 5) Les coûts d'investissement et de prélèvements sur le réseau sont plus élevés dans le nouveau configurateur, sauf si l'on tient compte de l'hypothèse des prélèvements nuls avec PV (voir point 2). On obtient alors 9.212,24€ de gains, très proche de la valeur de l'Apere.
- 6) Chez l'Apere, la VAN est obtenue par la différence de coûts avec (5) et sans PV (4). Elle ne prend pas en compte les gains sur les CV ni sur la réinjection. Avec cette nouvelle hypothèse, la formule de la VAN donne bien la différence de coûts avec (5) et sans PV (4) soit 6.604,74€. Notre calcul est donc correct.
- 7) Nous ne nous expliquons pas le TRA de l'Apere. Nous conserverons donc notre TRA comme étant la somme des investissements sur une période donnée (10 ou 25 ans) divisée par la moyenne des gains sur la même période.
- 8) Nous ne connaissons pas les hypothèses choisies pour la TRIM. Nous utiliserons donc uniquement la TRI, selon la formule proposée par Excel.

## Annexe 10 – Simulations financières

### SIMULATEUR

Légende	
Variables	
Hypothèses	
Données marché	
Calculs	

Données	
<b>Profil utilisateur</b>	
Consommation (kWh)	3 000
Taux autoproduction (--> prélèvement)	25%
Taux autoconsommation (--> injection)	25%
Régime propriété	0
<b>Toiture</b>	
Superficie exposable du toit	20
Inclinaison toiture (degrés)	1
Coefficient couverture toiture	0,9
<b>Panneaux</b>	
Productivité annuelle moyenne des panneaux (kWh/kWc)	810
Rendement (Wc/m2)	150
Superficie de panneaux selon consommation (m2)	24,69
Superficie de panneaux max imposé par toiture (m2)	18,00
Superficie retenue (m2)	18,00
<i>Superficie à partir de laquelle le toit n'est plus limitant (m2)</i>	<i>27,4348422</i>
Puissance installable (kWc)	2,70

Production	
Production annuelle moyenne installation 2016 (kWh)	2 187
Taux octroi de base-des CV (CV/MWh)	1,81
Coefficient multiplicateur si puissance <= 5 kWc	1,32
Coefficient multiplicateur si puissance >5 kWc	0,98
# CV/MWh produit si puissance <= 5 kWc	2,40
# CV/MWh produit si puissance > 5 kWc	1,78
# CV/MWh pour cette production	2,40
<b>Prix</b>	
Prix moyen TVAC installation selon puissance (€/kWc)	1 700
Prix onduleur (€ TVAC)	1 500
<a href="#">Prix des CV (€)</a>	90,7
Prix de revente de l'électricité après fin compensation (€/kWh)	0,03
<b>Temporalité</b>	
Perte de rendement annuel des panneaux	0,4%
Inflation du prix de l'électricité (%/an)	3%
Inflation investissement (%/an)	4%
Taux d'actualisation (%/an)	4%

<b>Facture d'électricité (14/10/18)</b>		
<u>Facture d'électricité avant PV</u>	Sans PV	Avec PV
<b>Energie</b>		
Coût (c€/kWh)	<b>8,575</b>	8,575
Redevance fixe (€/an)	<b>30</b>	30
<b>Coût énergie verte</b>		
Coûts énergie verte (c€/kWh)	<b>1,01</b>	1,01
<b>Réseau</b>		
Distribution (c€/kWh)	9,50	9,50
Location compteur (€/an)	15,20	15,20
Transport (c€/kWh)	2,06	2,06
<b>Redevances imposées par les autorités</b>		
Cotisation sur l'énergie (c€/kWh)	0,23	0,23
Contribution fédérale (c€/kWh)	0,35	0,35
Contribution de service public (€/an) (6 à 9,6 kVA)	<b>18,88</b>	18,88
<b>Coût total des prélèvements (€) en t0</b>	<b>715,71</b>	<b>552,80</b>
<i>Coût de l'électricité (€/kWh)</i>	<i>0,24</i>	<i>0,25</i>

Les prix repris ci-dessus sont les prix de Octa+ pour les simulations 1000 – 3000 kWh. Les trois chiffres en gras doivent être remplacés par les prix Engie Drive pour les simulations 4000 – 8000 kWh.

Années	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
<b>Coûts générés par PV</b>																												
<b>Installation</b>																												
Prix installation (€)		-4 590,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Onduleur (prix apere) (infl et actu ignorés)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>TOTAL TVAC</b>		<b>-4 590,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	
<b>Gains générés par PV</b>																												
<b>Economie sur facture</b>																												
Prélèvement avant PV (= consommation) (kWh)		3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000
Dépense d'électricité avant PV (€ TVAC) hors infl et actu		-715,71	-715,71	-715,71	-715,71	-715,71	-715,71	-715,71	-715,71	-715,71	-715,71	-715,71	-715,71	-715,71	-715,71	-715,71	-715,71	-715,71	-715,71	-715,71	-715,71	-715,71	-715,71	-715,71	-715,71	-715,71	-715,71	-715,71
Dépense d'électricité avant PV (€ TVAC) avec infl et actu		-708,83	-702,01	-695,26	-688,58	-681,96	-675,40	-668,90	-662,47	-656,10	-649,79	-643,55	-637,36	-631,23	-625,16	-619,15	-613,20	-607,30	-601,46	-595,68	-589,95	-584,28	-578,66	-573,09	-567,58	-562,13	-556,73	
Prélèvement avec PV (kWh)		2 250,00	2 250,00	2 250,00	2 250,00	2 250,00	2 250,00	2 250,00	2 250,00	2 250,00	2 250,00	2 250,00	2 250,00	2 250,00	2 250,00	2 250,00	2 250,00	2 250,00	2 250,00	2 250,00	2 250,00	2 250,00	2 250,00	2 250,00	2 250,00	2 250,00	2 250,00	2 250,00
Dépense d'électricité après PV (€ TVAC) hors infl et actu		-552,80	-552,80	-552,80	-552,80	-552,80	-552,80	-552,80	-552,80	-552,80	-552,80	-552,80	-552,80	-552,80	-552,80	-552,80	-552,80	-552,80	-552,80	-552,80	-552,80	-552,80	-552,80	-552,80	-552,80	-552,80	-552,80	-552,80
Dépense d'électricité après PV (€ TVAC) avec infl et actu		-547,49	-542,22	-537,01	-531,85	-526,73	-521,67	-516,65	-511,68	-506,76	-501,89	-497,06	-492,29	-487,55	-482,86	-478,22	-473,62	-469,07	-464,56	-460,09	-455,67	-451,29	-446,95	-442,65	-438,39	-434,18	-430,01	-425,86
Différence facture (€ TVAC) hors infl et actu		162,91	162,91	162,91	162,91	162,91	162,91	162,91	162,91	162,91	162,91	162,91	162,91	162,91	162,91	162,91	162,91	162,91	162,91	162,91	162,91	162,91	162,91	162,91	162,91	162,91	162,91	162,91
<b>Différence facture (€ TVAC) avec infl et actu</b>		<b>161,34</b>	<b>159,79</b>	<b>158,25</b>	<b>156,73</b>	<b>155,22</b>	<b>153,73</b>	<b>152,25</b>	<b>150,79</b>	<b>149,34</b>	<b>147,90</b>	<b>146,48</b>	<b>145,07</b>	<b>143,68</b>	<b>142,30</b>	<b>140,93</b>	<b>139,57</b>	<b>138,23</b>	<b>136,90</b>	<b>135,59</b>	<b>134,28</b>	<b>132,99</b>	<b>131,71</b>	<b>130,45</b>	<b>129,19</b>	<b>127,95</b>	<b>126,71</b>	
<b>Revente surplus</b>																												
Production PV (kWh)		2 187	2 178	2 170	2 161	2 152	2 144	2 135	2 126	2 118	2 110	2 101	2 093	2 084	2 076	2 068	2 059	2 051	2 043	2 035	2 027	2 019	2 010	2 002	1 994	1 986	1 978	
Qté réinjectée (kWh)		1 640,25	1 633,69	1 627,15	1 620,65	1 614,16	1 607,71	1 601,28	1 594,87	1 588,49	1 582,14	1 575,81	1 569,51	1 563,23	1 556,97	1 550,75	1 544,54	1 538,37	1 532,21	1 526,08	1 519,98	1 513,90	1 507,84	1 501,81	1 495,80	1 489,82	1 483,87	
Prix de vente unitaire (€/kWh TVAC) avec infla et actu		0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
REVENTE Total (€ TVAC) hors infl et actu		49,21	49,01	48,81	48,62	48,42	48,23	48,04	47,85	47,65	47,46	47,27	47,09	46,90	46,71	46,52	46,34	46,15	45,97	45,78	45,60	45,42	45,24	45,05	44,87	44,69	44,51	44,33
<b>REVENTE Total (€ TVAC) avec infl et actu</b>		<b>48,73</b>	<b>48,07</b>	<b>47,42</b>	<b>46,78</b>	<b>46,14</b>	<b>45,51</b>	<b>44,90</b>	<b>44,29</b>	<b>43,69</b>	<b>43,09</b>	<b>42,51</b>	<b>41,93</b>	<b>41,36</b>	<b>40,80</b>	<b>40,25</b>	<b>39,70</b>	<b>39,16</b>	<b>38,63</b>	<b>38,10</b>	<b>37,59</b>	<b>37,08</b>	<b>36,57</b>	<b>36,08</b>	<b>35,59</b>	<b>35,10</b>	<b>34,61</b>	
<b>Certificat vert (pdt 10 à pd date certification)</b>																												
Nombre total de CV		5,25	5,23	5,21	5,19	5,17	5,14	5,12	5,10	5,08	5,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prix de vente des CV (€ TVAC) hors actu		476,07	474,16	472,27	470,38	468,49	466,62	464,75	462,90	461,04	459,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Prix de vente des CV (€ TVAC) avec actu</b>		<b>457,76</b>	<b>438,39</b>	<b>419,84</b>	<b>402,08</b>	<b>385,07</b>	<b>368,78</b>	<b>353,18</b>	<b>338,23</b>	<b>323,92</b>	<b>310,22</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>												
<b>Total des gains</b>																												
Total des gains hors infl et actu		688,18	686,08	683,99	681,90	679,83	677,76	675,70	673,65	671,61	669,57	667,54	665,51	663,49	661,48	659,47	657,47	655,47	653,48	651,49	649,50	647,52	645,54	643,57	641,60	639,63	637,67	635,71
<b>Total des gains avec infl et actu</b>		<b>667,83</b>	<b>646,25</b>	<b>625,52</b>	<b>605,59</b>	<b>586,43</b>	<b>568,02</b>	<b>550,33</b>	<b>533,31</b>	<b>516,95</b>	<b>501,22</b>	<b>486,14</b>	<b>471,71</b>	<b>457,93</b>	<b>444,80</b>	<b>432,32</b>	<b>420,50</b>	<b>409,34</b>	<b>398,84</b>	<b>389,00</b>	<b>379,82</b>	<b>371,31</b>	<b>363,47</b>	<b>356,30</b>	<b>349,80</b>	<b>343,97</b>	<b>338,81</b>	
<b>Total (Coûts - gains)</b>																												
Total (€ TVAC) hors infl et actu		-4 590,00	688,18	686,08	683,99	681,90	679,83	677,76	675,70	673,65	671,61	669,57	-1 289,82	209,99	209,80	209,62	209,43	209,24	209,06	208,87	208,69	208,51	208,32	208,14	207,96	207,78	207,60	207,42
<b>Total cumulé (€ TVAC) hors infl et actu</b>		<b>-4 590,00</b>	<b>-3 901,82</b>	<b>-3 215,74</b>	<b>-2 531,75</b>	<b>-1 849,85</b>	<b>-1 170,02</b>	<b>-492,26</b>	<b>183,44</b>	<b>857,09</b>	<b>1 528,69</b>	<b>2 198,26</b>	<b>2 867,83</b>	<b>3 537,40</b>	<b>4 207,00</b>	<b>4 876,63</b>	<b>5 546,31</b>	<b>6 216,04</b>	<b>6 885,82</b>	<b>7 555,65</b>	<b>8 225,53</b>	<b>8 895,46</b>	<b>9 565,44</b>	<b>10 235,47</b>	<b>10 905,55</b>	<b>11 575,68</b>	<b>12 245,86</b>	<b>12 916,09</b>
Taux de rentabilité interne (TRI) sur 10 ans	7,87%																											
Taux de rentabilité interne (TRI) sur 25 ans	8,62%																											
Temps de retour sur investissement (10 ans) (années)	6,76																											
Temps de retour sur investissement (25 ans) (années)	15,35																											
Total (€ TVAC) avec infl et actu		-4 590,00	667,83	646,25	625,52	605,59	586,43	568,02	550,33	533,31	516,95	501,22	-1 311,01	187,00	185,04	183,10	181,17	179,27	177,39	175,53	173,69	171,87	170,07	168,29	166,52	164,78	163,05	
<b>Total cumulé (€ TVAC) avec infl et actu</b>		<b>-4 590,00</b>	<b>-3 922,17</b>	<b>-3 275,92</b>	<b>-2 650,40</b>	<b>-2 044,81</b>	<b>-1 458,38</b>	<b>-890,36</b>	<b>-340,03</b>	<b>193,28</b>	<b>710,23</b>	<b>1 211,44</b>	<b>1 712,65</b>	<b>2 213,86</b>	<b>2 715,07</b>	<b>3 216,28</b>	<b>3 717,49</b>	<b>4 218,70</b>	<b>4 719,91</b>	<b>5 221,12</b>	<b>5 722,33</b>	<b>6 223,54</b>	<b>6 724,75</b>	<b>7 225,96</b>	<b>7 727,17</b>	<b>8 228,38</b>	<b>8 729,59</b>	<b>9 230,80</b>
VAN sur 10 ans (€)	1 211,44																											
VAN sur 25 ans (€)	2 347,21																											
Temps de retour sur investissement (10 ans) (années)	7,91																											
Temps de retour sur investissement (25 ans) (années)	18,05																											
<b>Emprunt</b>																												
Taux	0,00%																											
Durée remboursement (années) - Credal	3																											
Montant emprunté (€)	4 590,00																											
Somme gains hors actualisation		688,18	686,08	683,99	681,90	679,83																						
Remboursement annuel		-1 530,00	-1 530,00	-1 530,00	0,00	0,00	-4 590,00	(contrôle)																				
gains - emprunt (sur durée emprunt)		-841,82	-843,92	-846,01	0,00	0,00																						

# SIMULATIONS 1000 – 3000 KWH

## Régime de propriété

0 : propriétaire occupant

1 : propriétaire bailleur

## Inclinaison du toit

1 : toit en pente

0 : toit plat

Régime de propriété	Inclinaison toit	Prix CV	Consommations (kWh)	Superficie du toit (m2)	Toit cesse d'être une limite (m2)	Montant investissement (10 ans)	Delta investissement	Somme des gains actu (10 ans)	Delta gains	TRI 10 ans	VAN 10 ans (€)	Temps retour (10 ans) (années)	Temps retour actu (10 ans) (années)	TRI 25 ans	VAN 25 ans (€)	Temps retour (25 ans) (années)	Temps retour actu (25 ans) (années)	Durée de remboursement (années)	Gains-emprunt (année 1) (€)	Gains-emprunt (année 2) (€)	Gains-emprunt (année 3) (€)	Gains-emprunt (année 4) (€)	Gains-emprunt (année 5) (€)
0	1	90,7	1000	9,15	9,15	-2 098,77	-	2 461,20	-	6,41%	362,44	7,23	8,53	2,72%	-187,05	22,31	26,37	2	-754,90	-755,86	0,00	0,00	0,00
0	1	90,7	1000	20	9,15	-4 590,00	-	4 771,20	-	4,18%	181,20	8,05	9,62	3,31%	-53,25	21,13	25,22	3	-950,42	-952,52	-954,62	0,00	0,00
0	1	90,7	3000	10	27,44	-2 295,00	-	3 673,40	-	12,94%	1 378,40	5,45	6,25	12,59%	2 223,95	13,56	15,76	2	-721,96	-723,01	0,00	0,00	0,00
0	1	90,7	3000	20	27,44	-4 590,00	2 295,00	5 801,44	2 128,04	7,87%	1 211,44	6,76	7,91	8,62%	2 347,21	15,35	18,05	3	-841,82	-843,92	-846,01	0,00	0,00
0	1	90,7	3000	27,44	27,44	-6 296,30	1 706,30	7 383,61	1 582,17	6,41%	1 087,31	7,23	8,53	7,45%	2 438,85	16,11	19,04	3,5	-915,49	-918,38	-921,25	-24,64	0,00
0	1	90,7	3000	40	27,44	-8 203,67	1 907,38	8 343,43	959,82	3,37%	139,75	8,38	9,83	5,52%	2 189,64	17,31	20,40	4	-1 057,41	-1 060,60	-1 063,78	-1 066,95	0,00
0	1	90,7	3000	50	27,44	-10 254,59	2 050,92	9 965,68	1 622,25	2,57%	-288,92	8,73	10,29	4,83%	2 031,84	18,04	21,32	5	-857,91	-861,90	-865,87	-869,83	-873,77
0	1	90,7 sans ac	3000	10	27,44	-2 295,00	-	4 112,61	-	12,94%	1 817,61	5,45	5,58	12,59%	2 663,16	13,56	14,69	2	-721,96	-723,01	0,00	0,00	0,00
0	1	90,7 sans ac	3000	20	27,44	-4 590,00	2 295,00	6 679,86	2 567,25	7,87%	2 089,86	6,76	6,87	8,62%	3 225,63	15,35	16,34	3	-841,82	-843,92	-846,01	0,00	0,00
0	1	90,7 sans ac	3000	27,44	27,44	-6 296,30	1 706,30	8 588,57	1 908,71	6,41%	2 292,27	7,23	7,33	7,45%	3 643,81	16,11	17,04	3,5	-915,49	-918,38	-921,25	-24,64	0,00
0	1	90,7 sans ac	3000	40	27,44	-8 203,67	1 907,38	9 646,41	1 057,84	3,37%	1 442,74	8,38	8,50	5,52%	3 492,62	17,31	18,38	4	-1 057,41	-1 060,60	-1 063,78	-1 066,95	0,00
0	1	90,7 sans ac	3000	50	27,44	-10 254,59	2 050,92	11 594,40	1 947,99	2,57%	1 339,81	8,73	8,84	4,83%	3 660,57	18,04	19,06	5	-857,91	-861,90	-865,87	-869,83	-873,77
0	1	65	1000	9,15	9,15	-2 098,77	-	1 969,20	-	1,68%	-129,57	9,14	10,66	-0,96%	-679,05	26,26	30,81	2	-816,58	-817,29	0,00	0,00	0,00
0	1	65	3000	10	27,44	-2 295,00	-	3 135,39	-	8,84%	840,39	6,47	7,32	9,27%	1 685,94	14,98	17,31	2	-789,40	-790,18	0,00	0,00	0,00
0	1	65	3000	20	27,44	-4 590,00	2 295,00	4 725,43	1 590,03	3,31%	135,43	8,40	9,71	5,27%	1 271,19	17,71	20,68	3	-976,71	-978,27	-979,83	0,00	0,00
0	1	65	3000	27,44	27,44	-6 296,30	1 706,30	5 907,59	1 182,16	1,68%	-388,71	9,14	10,66	4,05%	962,84	18,96	22,25	3,5	-1 100,53	-1 102,68	-1 104,81	-207,46	0,00
0	1	0	1000	9,15	9,15	-2 098,77	-	724,82	-	-15,14%	-1 373,94	27,47	28,96	-6,82%	-1 923,43	47,51	53,70	2	-972,58	-972,67	0,00	0,00	0,00
0	1	0	3000	10	27,44	-2 295,00	-	1 774,67	-	-3,56%	-520,33	12,27	12,93	2,49%	325,22	20,36	23,03	2	-959,99	-960,09	0,00	0,00	0,00
0	1	0	3000	20	27,44	-4 590,00	2 295,00	2 003,98	229,31	-12,10%	-2 586,02	21,73	22,90	-1,42%	-1 450,25	29,02	32,81	3	-1 317,89	-1 318,08	-1 318,28	0,00	0,00
0	1	0	3000	27,44	27,44	-6 296,30	1 706,30	2 174,47	170,49	-15,14%	-4 121,83	27,47	28,96	-2,77%	-2 770,28	34,30	38,78	3,5	-1 568,53	-1 568,80	-1 569,07	-669,87	0,00
0	0	90,7	1000	10	16,47	-1 275,00	-	1 697,37	-	8,92%	422,37	6,45	7,51	2,02%	-231,29	23,26	27,27	2	-437,29	-437,87	0,00	0,00	0,00
0	0	90,7	1000	16,47	16,47	-2 098,77	823,77	2 461,20	763,84	6,41%	362,44	7,23	8,53	2,72%	-187,05	22,31	26,37	2	-754,90	-755,86	0,00	0,00	0,00
0	0	90,7	1000	20	16,47	-2 550,00	451,23	2 879,61	418,41	5,69%	329,61	7,48	8,86	2,91%	-162,81	21,98	26,05	2,5	-673,88	-675,05	-166,21	0,00	0,00
0	0	90,7	3000	10	49,39	-1 275,00	-	2 727,61	-	20,28%	1 452,61	4,16	4,67	18,70%	2 169,16	12,18	14,03	2	-328,68	-329,27	0,00	0,00	0,00
0	0	90,7	3000	20	49,39	-2 550,00	1 275,00	3 909,85	1 182,25	11,96%	1 359,85	5,67	6,52	11,82%	2 237,64	13,83	16,10	2,5	-565,27	-566,44	-57,60	0,00	0,00
0	0	90,7	3000	30	49,39	-3 825,00	1 275,00	5 092,10	1 182,25	8,92%	1 267,10	5,65	7,51	9,45%	2 306,12	14,88	17,45	3	-674,36	-676,12	-677,86	0,00	0,00
0	0	90,7	3000	40	49,39	-5 100,00	1 275,00	6 274,34	1 182,25	7,34%	1 174,34	6,93	8,13	8,20%	2 374,60	15,61	18,39	3	-953,46	-955,79	-958,11	0,00	0,00
0	0	90,7	3000	49,39	49,39	-6 296,30	1 196,30	7 383,61	1 109,27	6,41%	1 087,31	7,23	8,53	7,45%	2 438,85	16,11	19,04	3,5	-915,49	-918,38	-921,25	-24,64	0,00
0	0	90,7	3000	60	49,39	-7 650,00	1 353,70	8 638,83	1 255,22	5,69%	988,83	7,48	8,86	6,87%	2 511,56	16,55	19,62	4	-874,14	-877,64	-881,13	-884,60	0,00
0	0	65	1000	10	16,47	-1 275,00	-	1 398,47	-	4,48%	123,47	7,93	9,12	-1,32%	-530,19	26,54	30,90	2	-474,76	-475,19	0,00	0,00	0,00
0	0	65	1000	16,47	16,47	-2 098,77	823,77	1 969,20	570,73	1,68%	-129,57	9,14	10,66	-0,96%	-679,05	26,26	30,81	2	-816,58	-817,29	0,00	0,00	0,00
0	0	65	3000	10	49,39	-1 275,00	-	2 428,71	-	16,62%	1 153,71	4,73	5,25	15,21%	1 870,27	13,02	14,93	2	-366,15	-366,59	0,00	0,00	0,00
0	0	65	3000	20	49,39	-2 550,00	1 275,00	3 312,06	883,35	7,79%	762,06	6,78	7,70	8,51%	1 639,86	15,37	17,79	2,5	-640,22	-641,08	-131,95	0,00	0,00
0	0	65	3000	30	49,39	-3 825,00	1 275,00	4 195,42	883,35	4,48%	370,42	7,93	9,12	6,12%	1 409,44	16,97	19,77	3	-786,78	-788,08	-789,37	0,00	0,00
0	0	65	3000	40	49,39	-5 100,00	1 275,00	5 078,77	883,35	2,72%	-21,23	8,66	10,04	4,83%	1 179,03	18,13	21,21	3	-1 103,34	-1 105,07	-1 106,80	0,00	0,00
0	0	65	3000	49,39	49,39	-6 296,30	1 196,30	5 907,59	828,82	1,68%	-388,71	9,14	10,66	4,05%	962,84	18,96	22,25	3,5	-1 100,53	-1 102,68	-1 104,81	-207,46	0,00
0	0	0	1000	10	16,47	-1 275,00	-	642,51	-	-10,12%	-632,49	18,83	19,84	-6,26%	-1 286,14	41,21	46,60	2	-569,53	-569,58	0,00	0,00	0,00
0	0	0	1000	20	16,47	-2 098,77	823,77	724,82	82,31	-15,14%	-1 373,94	27,47	28,96	-6,82%	-1 923,43	47,51	53,70	2	-972,58	-972,67	0,00	0,00	0,00
0	0	0	3000	10	49,39	-1 275,00	-	1 672,75	-	6,38%	397,75	7,23	7,62	7,61%	1 114,31	15,77	17,84	2	-460,92	-460,98	0,00	0,00	0,00
0	0	0	3000	20	49,39	-2 550,00	1 275,00	1 800,15	127,39	-5,05%	-749,85	13,44	14,17	1,79%	127,94	21,43	24,23	2,5	-829,76	-829,86	-319,97	0,00	0,00
0	0	0	3000	30	49,39	-3 825,00	1 275,00	1 927,54	127,39	-10,12%	-1 897,46	18,83	19,84	-0,53%	-858,43	26,36	29,80	3	-1 071,09	-1 071,25	-1 071,41	0,00	0,00
0	0	0	3000	40	49,39	-5 100,00	1 275,00	2 054,94	127,39	-13,17%	-3 045,06	23,54	24,82	-1,89%	-1 844,80	30,69	34,70	3	-1 482,42	-1 482,64	-1 482,85	0,00	0,00
0	0	0	3000	49,39	49,39	-6 296,30	1 196,30	2 174,47	119,53	-15,14%	-4 121,83	27,47	28,96	-2,77%	-2 770,28	34,30	38,78	3,5	-1 568,53	-1 568,80	-1 569,07	-669,87	0,00

Régime de propriété	Inclinaison toit	Prix CV	Consommations (kWh)	Superficie du toit (m2)	Toit cesse d'être une limite (m2)	Montant investissement (10 ans)	Delta investissement	Somme des gains actu (10 ans)	Delta gains	TRI 10 ans	VAN 10 ans (€)	Temps retour (10 ans) (années)	Temps retour actu (10 ans) (années)	TRI 25 ans	VAN 25 ans (€)	Temps retour (25 ans) (années)	Temps retour actu (25 ans) (années)	Durée de remboursement (années)	Gains-emprunt (année 1) (€)	Gains-emprunt (année 2) (€)	Gains-emprunt (année 3) (€)	Gains-emprunt (année 4) (€)	Gains-emprunt (année 5) (€)
1	1	90,7	1000	9,15	9,15	-2 098,77	-	1 736,38	-	0,34%	-362,39	9,82	12,09	#NOMBRE!	-1 862,39	42,08	51,81	2	-831,70	-832,57	0,00	0,00	0,00
1	1	90,7	1000	20	9,15	-4 590,00	2 491,23	3 797,46	2 061,08	0,34%	-792,54	9,82	12,09	#NOMBRE!	-2 292,54	32,56	40,09	3	-1 053,93	-1 055,84	-1 057,73	0,00	0,00
1	1	90,7	3000	10	27,44	-2 295,00	-	1 898,73	-	0,34%	-396,27	9,82	12,09	#NOMBRE!	-1 896,27	40,58	49,97	2	-909,47	-910,42	0,00	0,00	0,00
1	1	90,7	3000	20	27,44	-4 590,00	2 295,00	3 797,46	1 898,73	0,34%	-792,54	9,82	12,09	#NOMBRE!	-2 292,54	32,56	40,09	3	-1 053,93	-1 055,84	-1 057,73	0,00	0,00
1	1	90,7	3000	27,44	27,44	-6 296,30	1 706,30	5 209,14	1 411,68	0,34%	-1 087,16	9,82	12,09	-6,51%	-2 587,16	30,39	37,42	3,5	-1 145,90	-1 148,51	-1 151,12	-254,24	0,00
1	1	90,7	3000	40	27,44	-8 203,67	1 907,38	5 632,90	423,76	-2,96%	-2 570,77	11,83	14,56	-10,22%	-4 070,77	34,98	43,07	4	-1 344,75	-1 347,58	-1 350,39	-1 353,19	0,00
1	1	90,7 sans ac	3000	10	27,44	-2 295,00	-	2 337,94	-	0,34%	42,94	9,82	9,82	#NOMBRE!	-1 457,06	40,58	40,58	2	-909,47	-910,42	0,00	0,00	0,00
1	1	90,7 sans ac	3000	20	27,44	-4 590,00	2 295,00	4 675,88	2 337,94	0,34%	85,88	9,82	9,82	#NOMBRE!	-1 414,12	32,56	32,56	3	-1 053,93	-1 055,84	-1 057,73	0,00	0,00
1	1	90,7 sans ac	3000	27,44	27,44	-6 296,30	1 706,30	6 414,10	1 738,22	0,34%	117,80	9,82	9,82	-6,51%	-1 382,20	30,39	30,39	3,5	-1 145,90	-1 148,51	-1 151,12	-254,24	0,00
1 avec injection	1	90,7	3000	10	27,44	-2 295,00	-	2 128,04	-	2,20%	-166,96	8,90	10,78	-9,08%	-1 376,74	32,44	39,23	2	-884,86	-885,91	0,00	0,00	0,00
1 avec injection	1	90,7	3000	20	27,44	-4 590,00	2 295,00	4 256,08	2 128,04	2,20%	-333,92	8,90	10,78	-0,95%	-1 253,47	26,03	31,48	3	-1 004,73	-1 006,83	-1 008,92	0,00	0,00
1 avec injection	1	90,7	3000	27,44	27,44	-6 296,30	1 706,30	5 838,25	1 582,17	2,20%	-458,05	8,90	10,78	0,60%	-1 161,83	24,29	29,38	3,5	-1 078,40	-1 081,28	-1 084,15	-187,54	0,00
1	1	65	1000	9,15	9,15	-2 098,77	-	1 244,37	-	-5,38%	-854,39	13,70	16,87	#NOMBRE!	-2 354,39	58,72	72,30	2	-893,38	-894,01	0,00	0,00	0,00
1	1	65	3000	10	27,44	-2 295,00	-	1 360,72	-	-5,38%	-934,28	13,70	16,87	#NOMBRE!	-2 434,28	56,63	69,72	2	-976,91	-977,60	0,00	0,00	0,00
1	1	65	3000	20	27,44	-4 590,00	2 295,00	2 721,44	1 360,72	-5,38%	-1 868,56	13,70	16,87	#NOMBRE!	-3 368,56	45,43	55,94	3	-1 188,83	-1 190,19	-1 191,55	0,00	0,00
1	1	65	3000	27,44	27,44	-6 296,30	1 706,30	3 733,12	1 011,68	-5,38%	-2 563,18	13,70	16,87	#NOMBRE!	-4 063,18	42,40	52,21	3,5	-1 330,94	-1 332,81	-1 334,68	-437,06	0,00
1	0	90,7	1000	10	16,47	-1 275,00	-	1 054,85	-	0,34%	-220,15	9,82	12,09	#NOMBRE!	-1 720,15	53,41	65,77	2	-505,26	-505,79	0,00	0,00	0,00
1	0	90,7	1000	16,47	16,47	-2 098,77	823,77	1 736,38	681,53	0,34%	-362,39	9,82	12,09	#NOMBRE!	-1 862,39	42,08	51,81	2	-831,70	-832,57	0,00	0,00	0,00
1	0	90,7	1000	20	16,47	-2 550,00	451,23	2 109,70	373,32	0,34%	-440,30	9,82	12,09	#NOMBRE!	-1 940,30	38,98	47,99	2,5	-755,52	-756,58	-247,63	0,00	0,00
1	0	90,7	3000	10	49,39	-1 275,00	-	1 054,85	-	0,34%	-220,15	9,82	12,09	#NOMBRE!	-1 720,15	53,41	65,77	2	-505,26	-505,79	0,00	0,00	0,00
1	0	90,7	3000	20	49,39	-2 550,00	1 275,00	2 109,70	1 054,85	0,34%	-440,30	9,82	12,09	#NOMBRE!	-1 940,30	38,98	47,99	2,5	-755,52	-756,58	-247,63	0,00	0,00
1	0	90,7	3000	30	49,39	-3 825,00	1 275,00	3 164,55	1 054,85	0,34%	-660,45	9,82	12,09	#NOMBRE!	-2 160,45	34,16	42,07	3	-878,28	-879,87	-881,45	0,00	0,00
1	0	90,7	3000	40	49,39	-5 100,00	1 275,00	4 219,40	1 054,85	0,34%	-880,60	9,82	12,09	-13,10%	-2 380,60	31,76	39,11	3	-1 171,04	-1 173,15	-1 175,26	0,00	0,00
1	0	90,7	3000	49,39	49,39	-6 296,30	1 196,30	5 209,14	989,74	0,34%	-1 087,16	9,82	12,09	-6,51%	-2 587,16	30,39	37,42	3,5	-1 145,90	-1 148,51	-1 151,12	-254,24	0,00
1	0	90,7	3000	60	49,39	-7 650,00	-	6 329,10	-	0,34%	-1 320,90	9,82	12,09	-4,58%	-2 820,90	29,35	36,14	4	-1 119,06	-1 122,23	-1 125,39	-1 128,54	0,00
1 avec injection	0	90,7	3000	10	49,39	-1 275,00	-	1 182,25	-	2,20%	-92,75	8,90	10,78	#NOMBRE!	-1 431,52	42,70	51,64	2	-491,59	-492,17	0,00	0,00	0,00
1 avec injection	0	90,7	3000	20	49,39	-2 550,00	1 275,00	2 364,49	1 182,25	2,20%	-185,51	8,90	10,78	-7,25%	-1 363,04	31,16	37,68	2,5	-728,18	-729,35	-220,51	0,00	0,00
1 avec injection	0	90,7	3000	49,39	49,39	-3 825,00	1 275,00	3 546,74	1 182,25	2,20%	-278,26	8,90	10,78	-2,27%	-1 294,56	27,31	33,03	3	-837,27	-839,02	-840,77	0,00	0,00
1	0	65	1000	10	16,47	-1 275,00	-	755,96	-	-5,38%	-519,04	13,70	16,87	#NOMBRE!	-2 019,04	74,53	91,77	2	-542,73	-543,11	0,00	0,00	0,00
1	0	65	1000	16,47	16,47	-2 098,77	823,77	1 244,37	488,42	-5,38%	-854,39	13,70	16,87	#NOMBRE!	-2 354,39	58,72	72,30	2	-893,38	-894,01	0,00	0,00	0,00
1	0	65	3000	10	49,39	-1 275,00	-	755,96	-	-5,38%	-519,04	13,70	16,87	#NOMBRE!	-2 019,04	74,53	91,77	2	-542,73	-543,11	0,00	0,00	0,00
1	0	65	3000	20	49,39	-2 550,00	1 275,00	1 511,91	755,96	-5,38%	-1 038,09	13,70	16,87	#NOMBRE!	-2 538,09	54,39	66,97	2,5	-830,46	-831,22	-321,97	0,00	0,00
1	0	65	3000	30	49,39	-3 825,00	1 275,00	2 267,87	755,96	-5,38%	-1 557,13	13,70	16,87	#NOMBRE!	-3 057,13	47,67	58,70	3	-990,69	-991,83	-992,96	0,00	0,00
1	0	65	3000	40	49,39	-5 100,00	1 275,00	3 023,83	755,96	-5,38%	-2 076,17	13,70	16,87	#NOMBRE!	-3 576,17	44,32	54,57	3	-1 320,92	-1 322,44	-1 323,95	0,00	0,00
1	0	65	3000	49,39	49,39	-6 296,30	1 196,30	3 733,12	709,29	-5,38%	-2 563,18	13,70	16,87	#NOMBRE!	-4 063,18	42,40	52,21	3,5	-1 330,94	-1 332,81	-1 334,68	-437,06	0,00

TABLEAU 22 - ÉVOLUTION DES INDICATEURS DE RENTABILITÉ EN FONCTION DE LA PUISSANCE INSTALLÉE (CONSUMMATION ANNUELLE <= 3000 kWh)

Régime de propriété	inclinaison toit	Prix CV	Consommations (kWh)	Superficie du toit (m2)	Toit cesse d'être une limite (m2)	TRI 10 ans	VAN 10 ans (€)	Temps retour (10 ans) (années)	Temps retour actu (10 ans) (années)	TRI 25 ans	VAN 25 ans (€)	Temps retour (25 ans) (années)	Temps retour actu (25 ans) (années)
0	1	90,7	3000	10	27,44	12,94%	1 378,40	5,45	6,25	12,59%	2 223,95	13,56	15,76
0	1	90,7	3000	20	27,44	7,87%	1 211,44	6,76	7,91	8,62%	2 347,21	15,35	18,05
0	1	90,7	3000	<b>27,44</b>	27,44	6,41%	1 087,31	7,23	8,53	7,45%	2 438,85	16,11	19,04
0	1	90,7	3000	40	27,44	3,37%	139,75	8,38	9,83	5,52%	2 189,64	17,31	20,40
0	1	90,7	3000	50	27,44	2,57%	<b>-288,92</b>	8,73	<b>10,29</b>	4,83%	2 031,84	18,04	21,32

TABLEAU 23 - MOINS-VALUE DU SURDIMENSIONNEMENT POUR LES PETITES CONSOMMATIONS

Régime de propriété	inclinaison toit	Prix CV	Consommations (kWh)	Superficie du toit (m2)	Toit cesse d'être une limite (m2)	Montant investissement (10 ans)	Delta investissement	Somme des gains actu (10 ans)	Delta gains
0	1	90,7	3000	10	27,44	-2 295,00	-	3 673,40	-
0	1	90,7	3000	20	27,44	-4 590,00	2 295,00	5 801,44	2 128,04
0	1	90,7	3000	<b>27,44</b>	27,44	-6 296,30	1 706,30	7 383,61	1 582,17
0	1	90,7	3000	40	27,44	-8 203,67	1 907,38	8 343,43	959,82
0	1	90,7	3000	50	27,44	-10 254,59	2 050,92	9 965,68	1 622,25

TABLEAU 24 - RENTABILITÉ DU PV POUR UNE CONSOMMATION DE 1000 kWh

Régime de propriété	inclinaison toit	Prix CV	Consommations (kWh)	Superficie du toit (m2)	Toit cesse d'être une limite (m2)	TRI 10 ans	VAN 10 ans (€)	Temps retour (10 ans) (années)	Temps retour actu (10 ans) (années)	TRI 25 ans	VAN 25 ans (€)	Temps retour (25 ans) (années)	Temps retour actu (25 ans) (années)
0	1	90,7	1000	<b>9,15</b>	9,15	6,41%	362,44	7,23	8,53	2,72%	<b>-187,05</b>	22,31	<b>26,37</b>
0	1	90,7	1000	20	9,15	4,18%	181,20	8,05	9,62	3,31%	<b>-53,25</b>	21,13	<b>25,22</b>
0	0	90,7	1000	10	16,47	8,92%	422,37	6,45	7,51	2,02%	<b>-231,29</b>	23,26	<b>27,27</b>
0	0	90,7	1000	<b>16,47</b>	16,47	6,41%	362,44	7,23	8,53	2,72%	<b>-187,05</b>	22,31	<b>26,37</b>
0	0	90,7	1000	20	16,47	5,69%	329,61	7,48	8,86	2,91%	<b>-162,81</b>	21,98	<b>26,05</b>

TABLEAU 25 - RENTABILITÉ POUR UN PROPRIÉTAIRE BAILLEUR (CONSOMMATION ANNUELLE <= 3000 kWh)

Régime de propriété	inclinaison toit	Prix CV	Consommations (kWh)	Superficie du toit (m2)	Toit cesse d'être une limite (m2)	TRI 10 ans	VAN 10 ans (€)	Temps retour (10 ans) (années)	Temps retour actu (10 ans) (années)	TRI 25 ans	VAN 25 ans (€)	Temps retour (25 ans) (années)	Temps retour actu (25 ans) (années)
1	1	90,7	1000	<b>9,15</b>	9,15	0,34%	-362,39	9,82	12,09	#NOMBRE!	-1 862,39	42,08	51,81
1	1	90,7	3000	10	27,44	0,34%	-396,27	9,82	12,09	#NOMBRE!	-1 896,27	40,58	49,97
1	1	90,7	3000	20	27,44	0,34%	-792,54	9,82	12,09	#NOMBRE!	-2 292,54	32,56	40,09
1	1	90,7	3000	<b>27,44</b>	27,44	0,34%	-1 087,16	9,82	12,09	-6,51%	-2 587,16	30,39	37,42
1	0	90,7	1000	10	16,47	0,34%	-220,15	9,82	12,09	#NOMBRE!	-1 720,15	53,41	65,77
1	0	90,7	1000	<b>16,47</b>	16,47	0,34%	-362,39	9,82	12,09	#NOMBRE!	-1 862,39	42,08	51,81
1	0	90,7	3000	10	49,39	0,34%	-220,15	9,82	12,09	#NOMBRE!	-1 720,15	53,41	65,77
1	0	90,7	3000	20	49,39	0,34%	-440,30	9,82	12,09	#NOMBRE!	-1 940,30	38,98	47,99
1	0	90,7	3000	30	49,39	0,34%	-660,45	9,82	12,09	#NOMBRE!	-2 160,45	34,16	42,07
1	0	90,7	3000	40	49,39	0,34%	-880,60	9,82	12,09	-13,10%	-2 380,60	31,76	39,11
1	0	90,7	3000	<b>49,39</b>	49,39	0,34%	-1 087,16	9,82	12,09	-6,51%	-2 587,16	30,39	37,42

TABLEAU 26 - GARANTIE DE RENTABILITÉ EN 7 ANS (CONSOMMATION ANNUELLE <= 3000 kWh)

Régime de propriété	inclinaison toit	Prix CV	Consommations (kWh)	Superficie du toit (m2)	TRI 10 ans	VAN 10 ans (€)	Temps retour (10 ans) (années)	Temps retour actu (10 ans) (années)	
	0	1	90,7	3000	10	12,94%	1 378,40	5,45	6,25
	0	0	90,7	3000	10	20,28%	1 452,61	4,16	4,67
	0	0	90,7	3000	20	11,96%	1 359,85	5,67	6,52
	0	0	65	3000	10	16,62%	1 153,71	4,73	5,25

TABLEAU 27 - RENTABILITÉ SANS CV (CONSOMMATION ANNUELLE <= 3000 kWh)

Régime de propriété	inclinaison toit	Prix CV	Consommations (kWh)	Superficie du toit (m2)	Toit cesse d'être une limite (m2)	TRI 10 ans	VAN 10 ans (€)	Temps retour (10 ans) (années)	Temps retour actu (10 ans) (années)	TRI 25 ans	VAN 25 ans (€)	Temps retour (25 ans) (années)	Temps retour actu (25 ans) (années)
0	1	0	1000	<b>9,15</b>	9,15	-15,14%	-1 373,94	27,47	28,96	-6,82%	-1 923,43	47,51	53,70
0	1	0	3000	10	27,44	-3,56%	-520,33	12,27	12,93	2,49%	325,22	20,36	23,03
0	1	0	3000	20	27,44	-12,10%	-2 586,02	21,73	22,90	-1,42%	-1 450,25	29,02	32,81
0	1	0	3000	<b>27,44</b>	27,44	-15,14%	-4 121,83	27,47	28,96	-2,77%	-2 770,28	34,30	38,78
0	0	0	1000	10	16,47	-10,12%	-632,49	18,83	19,84	-6,26%	-1 286,14	41,21	46,60
0	0	0	1000	<b>20</b>	16,47	-15,14%	-1 373,94	27,47	28,96	-6,82%	-1 923,43	47,51	53,70
0	0	0	3000	10	49,39	6,38%	397,75	7,23	7,62	7,61%	1 114,31	15,77	17,84
0	0	0	3000	20	49,39	-5,05%	-749,85	13,44	14,17	1,79%	127,94	21,43	24,23
0	0	0	3000	30	49,39	-10,12%	-1 897,46	18,83	19,84	-0,53%	-858,43	26,36	29,80
0	0	0	3000	40	49,39	-13,17%	-3 045,06	23,54	24,82	-1,89%	-1 844,80	30,69	34,70
0	0	0	3000	<b>49,39</b>	49,39	-15,14%	-4 121,83	27,47	28,96	-2,77%	-2 770,28	34,30	38,78

TABLEAU 28 - RAPPORT GAINS – EMPRUNT (CONSOMMATION ANNUELLE <= 3000 kWh)

Régime de propriété	inclinaison toit	Prix CV	Consommations (kWh)	Superficie du toit (m2)	Durée de remboursement (années)	Gains -emprunt (année 1) (€)	Gains -emprunt (année 2) (€)	Gains -emprunt (année 3) (€)	Gains -emprunt (année 4) (€)	Gains -emprunt (année 5) (€)
0	1	90,7	3000	10	2	-721,96	-723,01	0,00	0,00	0,00
0	1	90,7	3000	20	3	-841,82	-843,92	-846,01	0,00	0,00
0	1	90,7	3000	<b>27,44</b>	3,5	-915,49	-918,38	-921,25	-24,64	0,00
0	1	90,7	3000	<b>40</b>	4	-1 057,41	-1 060,60	-1 063,78	-1 066,95	0,00
0	1	90,7	3000	<b>50</b>	5	-857,91	-861,90	-865,87	-869,83	-873,77

# SIMULATIONS 4000 – 8000 KWH

Régime de propriété	Inclinaison toit	Prix CV	Consommations (kWh)	Superficie du toit (m2)	Toit cesse d'être une limite (m2)	Montant investissement (10 ans)	Delta investissement	Somme des gains actu (10 ans)	Delta gains	TRI 10 ans	VAN 10 ans (€)	Temps retour (10 ans) (années)	Temps retour actu (10 ans) (années)	TRI 25 ans	VAN 25 ans (€)	Temps retour (25 ans) (années)	Temps retour actu (25 ans) (années)	Durée de remboursement (années)	Gains-emprunt (année 1) (€)	Gains-emprunt (année 2) (€)	Gains-emprunt (année 3) (€)	Gains-emprunt (année 4) (€)	Gains-emprunt (année 5) (€)
0	1	90,7	4000	10	36,58	-2 295,00	-	4 097,27	-	15,54%	1 802,27	4,93	5,60	15,58%	3 211,55	11,69	13,54	2	-677,27	-678,32	0,00	0,00	0,00
0	1	90,7	4000	20	36,58	-4 590,00	2 295,00	6 225,31	2 128,04	9,31%	1 635,31	6,34	7,37	10,35%	3 334,81	13,79	16,15	3	-797,14	-799,24	-801,33	0,00	0,00
0	1	90,7	4000	30	36,58	-6 885,00	2 295,00	8 353,35	2 128,04	7,06%	1 468,35	7,01	8,24	8,43%	3 458,07	15,01	17,70	3,5	-971,64	-974,79	-977,93	2,51	0,00
0	1	90,7	4000	36,58	36,58	-8 395,11	1 510,11	9 753,60	1 400,25	6,23%	1 358,49	7,29	8,61	7,70%	3 539,18	15,57	18,41	4	-930,46	-934,30	-938,13	-941,94	0,00
0	1	90,7	4000	50	36,58	-10 254,59	1 859,48	10 474,31	720,71	3,45%	219,72	8,34	9,79	5,92%	3 216,96	16,66	19,63	5	-804,29	-808,28	-812,25	-816,21	-820,15
0	1	90,7 sans ac	4000	10	36,58	-2 295,00	-	4 536,47	-	15,54%	2 241,47	4,93	5,06	15,58%	3 650,76	11,69	12,74	2	-677,27	-678,32	0,00	0,00	0,00
0	1	90,7 sans ac	4000	20	36,58	-4 590,00	2 295,00	7 103,72	2 567,25	9,31%	2 513,72	6,34	6,46	10,35%	4 213,23	13,79	14,78	3	-797,14	-799,24	-801,33	0,00	0,00
0	1	90,7 sans ac	4000	30	36,58	-6 885,00	2 295,00	9 670,97	2 567,25	7,06%	2 785,97	7,01	7,12	8,43%	4 775,70	15,01	15,93	3,5	-971,64	-974,79	-977,93	2,51	0,00
0	1	90,7 sans ac	4000	36,58	36,58	-8 395,11	1 510,11	11 360,22	1 689,25	6,23%	2 965,11	7,29	7,39	7,70%	5 145,80	15,57	16,45	4	-930,46	-934,30	-938,13	-941,94	0,00
0	1	90,7 sans ac	4000	50	36,58	-10 254,59	1 859,48	12 103,04	742,82	3,45%	1 848,45	8,34	8,47	5,92%	4 845,69	16,66	17,70	5	-804,29	-808,28	-812,25	-816,21	-820,15
0	1	90,7	8000	10	73,16	-2 295,00	-	6 066,49	-	26,64%	3 771,49	3,41	3,78	27,17%	7 799,84	7,13	8,18	2	-469,68	-470,73	0,00	0,00	0,00
0	1	90,7	8000	20	73,16	-4 590,00	2 295,00	8 194,53	2 128,04	15,54%	3 604,53	4,93	5,60	17,02%	7 923,10	9,38	10,86	3	-589,55	-591,65	-593,74	0,00	0,00
0	1	90,7	8000	30	73,16	-6 885,00	2 295,00	10 322,57	2 128,04	11,46%	3 437,57	5,79	6,67	13,34%	8 046,36	10,94	12,76	3,5	-764,05	-767,20	-770,34	210,10	0,00
0	1	90,7	8000	40	73,16	-8 203,67	1 318,67	11 215,13	2 128,04	9,11%	3 011,46	6,40	7,31	11,79%	8 880,70	11,24	13,05	4	-754,68	-757,88	-761,06	-764,22	0,00
0	1	90,7	8000	50	73,16	-10 254,59	2 050,92	12 837,38	1 622,25	7,30%	2 582,79	6,94	7,99	10,16%	8 722,90	12,32	14,35	5	-555,18	-559,17	-563,14	-567,10	-571,04
0	1	65	4000	10	36,58	-2 295,00	-	3 559,26	-	11,63%	1 264,26	5,75	6,45	12,33%	2 673,54	12,73	14,67	2	-744,72	-745,50	0,00	0,00	0,00
0	1	65	4000	20	36,58	-4 590,00	2 295,00	5 149,29	1 590,03	4,90%	559,29	7,77	8,91	7,10%	2 258,79	15,67	18,24	3	-932,03	-933,59	-935,15	0,00	0,00
0	1	65	4000	30	36,58	-6 885,00	2 295,00	6 739,32	1 590,03	2,41%	-145,68	8,80	10,22	5,11%	1 844,05	17,50	20,49	3,5	-1 173,98	-1 176,33	-1 178,66	-1 181,00	0,00
0	1	65	4000	36,58	36,58	-8 395,11	1 510,11	7 785,56	1 046,24	1,48%	-609,55	9,24	10,78	4,33%	1 571,15	18,37	21,57	4	-1 177,18	-1 180,04	-1 182,88	-1 185,72	0,00
0	1	65	4000	50	36,58	-10 254,59	1 859,48	8 479,20	693,63	-0,76%	-1 775,40	10,43	12,09	3,27%	1 221,84	19,36	22,65	5	-1 054,40	-1 057,39	-1 060,37	-1 063,34	-1 066,29
0	1	65	8000	10	73,16	-2 295,00	-	4 528,48	-	23,21%	3 233,48	3,78	4,15	24,09%	7 261,83	7,51	8,58	2	-537,13	-537,91	0,00	0,00	0,00
0	1	65	8000	20	73,16	-4 590,00	2 295,00	7 118,51	1 590,03	11,63%	2 528,51	5,75	6,45	13,97%	6 847,08	10,22	11,77	3	-724,44	-726,00	-727,56	0,00	0,00
0	1	65	8000	30	73,16	-6 885,00	2 295,00	8 708,55	1 590,03	7,25%	1 823,55	6,95	7,91	10,26%	6 432,33	12,21	14,15	3,5	-966,39	-968,74	-971,07	10,18	0,00
0	1	65	8000	40	73,16	-8 203,67	1 318,67	9 619,04	910,49	5,46%	1 415,37	7,56	8,53	9,34%	7 284,61	12,37	14,28	4	-954,78	-957,17	-959,55	-961,92	0,00
0	1	65	8000	50	73,16	-10 254,59	2 050,92	10 842,27	1 223,23	3,50%	587,67	8,32	9,46	7,69%	6 727,79	13,73	15,90	5	-805,30	-808,28	-811,26	-814,23	-817,18
0	1	0	4000	10	36,58	-2 295,00	-	2 198,53	-	0,18%	-96,47	9,90	10,44	5,39%	1 312,82	16,43	18,57	2	-915,31	-915,40	0,00	0,00	0,00
0	1	0	4000	20	36,58	-4 590,00	2 295,00	2 427,85	229,31	-9,43%	-2 162,15	17,94	18,91	0,43%	-462,65	23,93	27,06	3	-1 273,20	-1 273,40	-1 273,60	0,00	0,00
0	1	0	4000	30	36,58	-6 885,00	2 295,00	2 657,16	229,31	-13,73%	-4 227,84	24,58	25,91	-1,65%	-2 238,12	30,17	34,10	3,5	-1 686,74	-1 686,04	-1 686,33	-703,05	0,00
0	1	0	4000	36,58	36,58	-8 395,11	1 510,11	2 808,04	150,89	-15,54%	-5 587,07	28,36	29,90	-2,52%	-3 406,38	33,73	38,12	4	-1 801,19	-1 801,55	-1 801,91	-1 802,26	0,00
0	1	0	4000	50	36,58	-10 254,59	1 859,48	3 433,19	625,14	-15,53%	-6 821,41	28,34	29,87	-2,24%	-3 824,17	32,78	37,06	5	-1 686,99	-1 687,45	-1 687,91	-1 688,37	-1 688,82
0	1	0	8000	10	73,16	-2 295,00	-	4 167,76	-	13,97%	1 872,76	5,22	5,51	16,75%	5 901,10	8,65	9,78	2	-707,72	-707,81	0,00	0,00	0,00
0	1	0	8000	20	73,16	-4 590,00	2 295,00	4 397,07	229,31	0,18%	-192,93	9,90	10,44	7,22%	4 125,64	13,18	14,90	3	-1 065,61	-1 065,81	-1 066,01	0,00	0,00
0	1	0	8000	30	73,16	-6 885,00	2 295,00	4 626,38	229,31	-5,83%	-2 258,62	14,12	14,88	3,63%	2 350,17	17,27	19,53	3,5	-1 478,15	-1 478,45	-1 478,74	-495,46	0,00
0	1	0	8000	40	73,16	-8 203,67	1 318,67	4 852,23	955,85	-5,63%	-2 621,44	13,94	14,70	3,98%	3 247,80	16,57	18,73	4	-1 460,85	-1 461,22	-1 461,58	-1 461,95	0,00
0	1	0	8000	50	73,16	-10 254,59	2 050,92	5 796,25	214,02	-8,46%	-4 458,34	16,78	17,69	2,34%	1 681,78	19,34	21,87	5	-1 437,89	-1 438,34	-1 438,80	-1 439,26	-1 439,71
0	0	90,7	4000	10	65,85	-1 275,00	-	3 151,47	-	24,52%	1 876,47	3,63	4,05	23,56%	3 156,77	10,18	11,70	2	-284,00	-284,58	0,00	0,00	0,00
0	0	90,7	4000	20	65,85	-2 550,00	1 275,00	4 333,71	1 182,25	14,34%	1 783,71	5,16	5,88	14,57%	3 225,25	12,00	13,92	2,5	-520,59	-521,76	-522,92	0,00	0,00
0	0	90,7	4000	30	65,85	-3 825,00	1 275,00	5 515,96	1 182,25	10,61%	1 690,96	6,00	6,93	11,44%	3 293,72	13,23	15,45	3	-629,68	-631,43	-633,18	0,00	0,00
0	0	90,7	4000	40	65,85	-5 100,00	1 275,00	6 698,21	1 182,25	8,65%	1 598,21	6,53	7,61	9,79%	3 362,20	14,12	16,56	3	-908,77	-911,11	-913,43	0,00	0,00
0	0	90,7	4000	50	65,85	-6 375,00	1 275,00	7 880,45	1 182,25	7,43%	1 505,45	6,90	8,09	8,75%	3 430,68	14,79	17,41	3,5	-884,29	-887,21	-890,12	17,70	0,00
0	0	90,7	8000	10	131,69	-1 275,00	-	5 120,69	-	42,66%	3 845,69	2,28	2,49	42,60%	7 745,05	5,78	6,59	2	-76,41	-76,99	0,00	0,00	0,00
0	0	90,7	8000	20	131,69	-2 550,00	1 275,00	6 302,94	1 182,25	24,52%	3 752,94	3,63	4,05	25,20%	7 813,53	7,43	8,53	2,5	-313,00	-314,17	194,67	0,00	0,00
0	0	90,7	8000	30	131,69	-3 825,00	1 275,00	7 485,18	1 182,25	17,88%	3 660,18	4,53	5,11	19,13%	7 882,01	8,73	10,08	3	-422,09	-423,84	-425,59	0,00	0,00
0	0	90,7	8000	40	131,69	-5 100,00	1 275,00	8 667,43	1 182,25	14,34%	3 567,43	5,16	5,88	15,94%	7 950,49	9,78	11,34	3	-701,18	-703,52	-705,84	0,00	0,00
0	0	90,7	8000	50	131,69	-6 375,00	1 275,00	9 849,67	1 182,25	12,13%	3 474,67	5,63	6,47	13,95%	8 018,97	10,64	12,39	3,5	-676,70	-679,62	-682,53	225,29	0,00
0	0	65	4000	10	65,85	-1 275,00	-	2 852,58	-	21,02%	1 577,58	4,06	4,47	20,19%	2 857,87	10,76	12,32	2	-321,47	-321,91	0,00	0,00	0,00
0	0	65	4000	20	65,85	-2 550,00	1 275,00	3 735,93	883,35	10,35%	1 185,93	6,06	6,83	11,33%	2 627,46	13,14	15,16	2,5	-595,53	-596,40	-597,26	0,00	0,00
0	0	65	4000	30	65,85	-3 825,00	1 275,00	4 619,28	883,35	6,33%	794,28	7,26	8,28	8,21%	2 397,04	14,86	17,24	3	-742,09	-743,40	-744,69	0,00	0,00
0	0	65	4000	40	65,85	-5 100,00	1 275,00	5 502,63	883,35	4,17%	402,63	8,05	9,27	6,52%	2 166,63	16,15	18,82	3	-1 058,66	-1 060,39	-1 062,12	0,00	0,00
0	0	65	4000	50	65,85	-6 375,00	1 275,00																

Régime de propriété	Inclinaison toit	Prix CV	Consommations (kWh)	Superficie du toit (m2)	Toit cesse d'être une limite (m2)	Montant investissement (10 ans)	Delta Investissement	Somme des gains actu (10 ans)	Delta gains	TRI 10 ans	VAN 10 ans (€)	Temps retour (10 ans) (années)	Temps retour actu (10 ans) (années)	TRI 25 ans	VAN 25 ans (€)	Temps retour (25 ans) (années)	Temps retour actu (25 ans) (années)	Durée de remboursement (années)	Gains-emprunt (année 1) (€)	Gains-emprunt (année 2) (€)	Gains-emprunt (année 3) (€)	Gains-emprunt (année 4) (€)	Gains-emprunt (année 5) (€)
1	1	90,7	4000	10	36,58	-2 295,00	-	1 898,73	-	0,34%	-396,27	9,82	12,09	#NOMBRE!	-1 896,27	40,58	49,97	2	-909,47	-910,42	0,00	0,00	0,00
1	1	90,7	4000	20	36,58	-4 590,00	2 295,00	3 797,46	1 898,73	0,34%	-792,54	9,82	12,09	#NOMBRE!	-2 292,54	32,56	40,09	3	-1 053,93	-1 055,84	-1 057,73	0,00	0,00
1	1	90,7	4000	30	36,58	-6 885,00	2 295,00	5 696,19	1 898,73	0,34%	-1 188,81	9,82	12,09	-5,49%	-2 688,81	29,89	36,80	3,5	-1 253,04	-1 255,90	-1 259,74	-278,01	0,00
1	1	90,7	4000	36,58	36,58	-8 395,11	1 510,11	6 945,56	1 249,37	0,34%	-1 449,55	9,82	12,09	-3,95%	-2 949,55	28,93	35,62	4	-1 228,05	-1 231,54	-1 235,00	-1 238,46	0,00
1	1	90,7	4000	50	36,58	-10 254,59	1 859,48	7 041,13	95,57	-2,96%	-3 213,46	11,83	14,56	-7,87%	-4 713,46	33,90	41,74	5	-1 168,21	-1 171,74	-1 175,26	-1 178,76	-1 182,25
1	1	90,7	4000	10	36,58	-2 295,00	-	2 128,04	-	2,20%	-166,96	8,90	10,78	-9,08%	-1 376,74	32,44	39,23	2	-884,86	-885,91	0,00	0,00	0,00
1	1	90,7	4000	20	36,58	-4 590,00	2 295,00	4 256,08	2 128,04	2,20%	-333,92	8,90	10,78	-9,05%	-1 253,47	26,03	31,48	3	-1 004,73	-1 006,83	-1 008,92	0,00	0,00
1	1	90,7	4000	30	36,58	-6 885,00	2 295,00	6 384,13	2 128,04	2,20%	-500,87	8,90	10,78	0,92%	-1 130,21	23,89	28,89	3,5	-1 179,23	-1 182,38	-1 185,52	-205,08	0,00
1	1	90,7	4000	36,58	36,58	-8 395,11	1 510,11	7 041,25	1 408,23	2,20%	-610,73	8,90	10,78	1,51%	-1 049,11	23,12	27,96	4	-1 138,05	-1 141,89	-1 145,72	-1 149,53	0,00
1	1	90,7	4000	50	36,58	-10 254,59	1 859,48	8 111,24	326,87	-0,83%	-2 143,35	10,47	12,64	-0,51%	-2 288,98	25,76	31,05	5	-1 053,40	-1 057,39	-1 061,36	-1 065,32	-1 069,26
1	1	90,7	8000	10	73,16	-2 295,00	-	1 898,73	-	0,34%	-396,27	9,82	12,09	#NOMBRE!	-1 896,27	40,58	49,97	2	-909,47	-910,42	0,00	0,00	0,00
1	1	90,7	8000	20	73,16	-4 590,00	2 295,00	3 797,46	1 898,73	0,34%	-792,54	9,82	12,09	#NOMBRE!	-2 292,54	32,56	40,09	3	-1 053,93	-1 055,84	-1 057,73	0,00	0,00
1	1	90,7	8000	30	73,16	-6 885,00	2 295,00	5 696,19	1 898,73	0,34%	-1 188,81	9,82	12,09	-5,49%	-2 688,81	29,89	36,80	3,5	-1 253,04	-1 255,90	-1 259,74	-278,01	0,00
1	1	90,7	8000	40	73,16	-8 203,67	1 318,67	5 632,90	-63,29	-2,96%	-2 570,77	11,83	14,56	-10,22%	-4 070,77	34,98	43,07	4	-1 344,75	-1 347,58	-1 350,39	-1 353,19	0,00
1	1	90,7	8000	50	73,16	-10 254,59	2 050,92	7 041,13	1 408,23	-2,96%	-3 213,46	11,83	14,56	-7,87%	-4 713,46	33,90	41,74	5	-1 168,21	-1 171,74	-1 175,26	-1 178,76	-1 182,25
1	1	90,7	8000	10	73,16	-2 295,00	-	2 128,04	-	2,20%	-166,96	8,90	10,78	-9,08%	-1 376,74	32,44	39,23	2	-884,86	-885,91	0,00	0,00	0,00
1	1	90,7	8000	20	73,16	-4 590,00	2 295,00	4 256,08	2 128,04	2,20%	-333,92	8,90	10,78	-9,05%	-1 253,47	26,03	31,48	3	-1 004,73	-1 006,83	-1 008,92	0,00	0,00
1	1	90,7	8000	30	73,16	-6 885,00	2 295,00	6 384,13	2 128,04	2,20%	-500,87	8,90	10,78	0,92%	-1 130,21	23,89	28,89	3,5	-1 179,23	-1 182,38	-1 185,52	-205,08	0,00
1	1	90,7	8000	40	73,16	-8 203,67	1 318,67	7 041,25	104,87	-0,83%	-1 714,68	10,47	12,64	-1,09%	-1 231,19	26,58	32,04	4	-1 252,90	-1 256,09	-1 259,27	-1 262,44	0,00
1	1	90,7	8000	50	73,16	-10 254,59	2 050,92	8 111,24	1 622,25	-0,83%	-2 143,35	10,47	12,64	-0,51%	-2 288,98	25,76	31,05	5	-1 053,40	-1 057,39	-1 061,36	-1 065,32	-1 069,26
1	1	65	4000	10	36,58	-2 295,00	-	1 360,72	-	-5,38%	-934,28	13,70	16,87	#NOMBRE!	-2 434,28	56,63	69,72	2	-976,91	-977,60	0,00	0,00	0,00
1	1	65	4000	20	36,58	-4 590,00	2 295,00	2 721,44	1 360,72	-5,38%	-1 868,56	13,70	16,87	#NOMBRE!	-3 368,56	45,43	55,94	3	-1 188,83	-1 190,19	-1 191,55	0,00	0,00
1	1	65	4000	30	36,58	-6 885,00	2 295,00	4 082,17	1 360,72	-5,38%	-2 802,83	13,70	16,87	#NOMBRE!	-4 302,83	41,70	51,35	3,5	-1 455,38	-1 457,43	-1 459,47	-1 461,51	-1 463,55
1	1	65	4000	36,58	36,58	-8 395,11	1 510,11	4 977,52	895,36	-5,38%	-3 417,59	13,70	16,87	#NOMBRE!	-4 917,59	40,36	49,70	4	-1 474,77	-1 477,27	-1 479,76	-1 482,23	0,00
1	1	65	4000	50	36,58	-10 254,59	1 859,48	5 046,01	68,49	-8,25%	-5 208,58	16,50	20,32	#NOMBRE!	-6 708,58	47,30	58,24	5	-1 418,33	-1 420,86	-1 423,38	-1 425,89	-1 428,39
1	1	65	8000	10	73,16	-2 295,00	-	1 360,72	-	-5,38%	-934,28	13,70	16,87	#NOMBRE!	-2 434,28	56,63	69,72	2	-976,91	-977,60	0,00	0,00	0,00
1	1	65	8000	20	73,16	-4 590,00	2 295,00	2 721,44	1 360,72	-5,38%	-1 868,56	13,70	16,87	#NOMBRE!	-3 368,56	45,43	55,94	3	-1 188,83	-1 190,19	-1 191,55	0,00	0,00
1	1	65	8000	30	73,16	-6 885,00	2 295,00	4 082,17	1 360,72	-5,38%	-2 802,83	13,70	16,87	#NOMBRE!	-4 302,83	41,70	51,35	3,5	-1 455,38	-1 457,43	-1 459,47	-1 461,51	-1 463,55
1	1	65	8000	40	73,16	-8 203,67	1 318,67	4 036,81	-45,36	-8,25%	-4 166,86	16,50	20,32	#NOMBRE!	-5 666,86	48,81	60,09	4	-1 544,85	-1 546,87	-1 548,89	-1 550,90	0,00
1	1	65	8000	50	73,16	-10 254,59	2 050,92	5 046,01	0,00	-8,25%	-5 208,58	16,50	20,32	#NOMBRE!	-6 708,58	47,30	58,24	5	-1 418,33	-1 420,86	-1 423,38	-1 425,89	-1 428,39
1	1	0	4000	10	36,58	-2 295,00	-	0,00	-	#NOMBRE!	-2 295,00	#DIV/0!	#DIV/0!	#NOMBRE!	-3 795,00	#DIV/0!	#DIV/0!	2	-1 147,50	-1 147,50	0,00	0,00	0,00
1	1	0	4000	20	36,58	-4 590,00	2 295,00	0,00	0,00	#NOMBRE!	-4 590,00	#DIV/0!	#DIV/0!	#NOMBRE!	-6 090,00	#DIV/0!	#DIV/0!	3	-1 530,00	-1 530,00	-1 530,00	0,00	0,00
1	1	0	4000	30	36,58	-6 885,00	2 295,00	0,00	0,00	#NOMBRE!	-6 885,00	#DIV/0!	#DIV/0!	#NOMBRE!	-8 385,00	#DIV/0!	#DIV/0!	3,5	-1 967,14	-1 967,14	-1 967,14	-983,57	0,00
1	1	0	4000	36,58	36,58	-8 395,11	1 510,11	0,00	0,00	#NOMBRE!	-8 395,11	#DIV/0!	#DIV/0!	#NOMBRE!	-9 895,11	#DIV/0!	#DIV/0!	4	-2 098,78	-2 098,78	-2 098,78	-2 098,78	0,00
1	1	0	4000	50	36,58	-10 254,59	1 859,48	0,00	0,00	#NOMBRE!	-10 254,59	#DIV/0!	#DIV/0!	#NOMBRE!	-11 754,59	#DIV/0!	#DIV/0!	5	-2 050,92	-2 050,92	-2 050,92	-2 050,92	-2 050,92
1	1	0	8000	10	73,16	-2 295,00	-	0,00	-	#NOMBRE!	-2 295,00	#DIV/0!	#DIV/0!	#NOMBRE!	-3 795,00	#DIV/0!	#DIV/0!	2	-1 147,50	-1 147,50	0,00	0,00	0,00
1	1	0	8000	20	73,16	-4 590,00	2 295,00	0,00	0,00	#NOMBRE!	-4 590,00	#DIV/0!	#DIV/0!	#NOMBRE!	-6 090,00	#DIV/0!	#DIV/0!	3	-1 530,00	-1 530,00	-1 530,00	0,00	0,00
1	1	0	8000	30	73,16	-6 885,00	2 295,00	0,00	0,00	#NOMBRE!	-6 885,00	#DIV/0!	#DIV/0!	#NOMBRE!	-8 385,00	#DIV/0!	#DIV/0!	3,5	-1 967,14	-1 967,14	-1 967,14	-983,57	0,00
1	1	0	8000	40	73,16	-8 203,67	1 318,67	0,00	0,00	#NOMBRE!	-8 203,67	#DIV/0!	#DIV/0!	#NOMBRE!	-9 703,67	#DIV/0!	#DIV/0!	4	-2 050,92	-2 050,92	-2 050,92	-2 050,92	0,00
1	1	0	8000	50	73,16	-10 254,59	2 050,92	0,00	0,00	#NOMBRE!	-10 254,59	#DIV/0!	#DIV/0!	#NOMBRE!	-11 754,59	#DIV/0!	#DIV/0!	5	-2 050,92	-2 050,92	-2 050,92	-2 050,92	-2 050,92
1	0	90,7	4000	10	65,85	-1 275,00	-	1 054,85	-	0,34%	-220,15	9,82	12,09	#NOMBRE!	-1 720,15	53,41	65,77	2	-505,26	-505,79	0,00	0,00	0,00
1	0	90,7	4000	20	65,85	-2 550,00	1 275,00	1 054,85	1 054,85	0,34%	-440,30	9,82	12,09	#NOMBRE!	-1 940,30	38,98	47,99	2,5	-755,52	-756,58	-247,63	0,00	0,00
1	0	90,7	4000	30	65,85	-3 825,00	1 275,00	3 164,55	1 054,85	0,34%	-660,45	9,82	12,09	#NOMBRE!	-2 160,45	34,16	42,07	3	-878,28	-879,87	-881,45	0,00	0,00
1	0	90,7	4000	40	65,85	-4 663,95	838,95	4 663,95	694,09	0,34%	-805,31	9,82	12,09	#NOMBRE!	-2 305,31	32,43	39,94	3	-1 070,91	-1 072,85	-1 074,78	0,00	0,00
1	0	90,7	4000	50	65,85	-6 375,00	1 711,05	5 274,25	1 415,61	0,34%	-1 100,75	9,82	12,09	-6,35%	-2 600,75	30,32	37,33	3,5	-1 160,23	-1 162,87	-1 165,50	-257,41	0,00
1	0	90,7	4000	10	65,85	-1 275,00	-	1 182,25	-	2,20%	-92,75	8,90	10,78	#NOMBRE!	-1 431,52	42,70	51,64	2	-491,59	-492,17	0,00	0,00	0,00
1	0	90,7	4000	20	65,85	-2 550,00	1 275,00	2 364,49	1 182,25	2,20%	-185,51	8,90	10,78	-7,25%	-1 363,04	31,16	37,68	2,5	-728,18	-729,35	-220,51	0,00	0,00
1	0	90,7	4000	30	65,85	-3 825,00	1 275,00	3 546,74	1 182,25	2,20%	-278,26	8,90	10,78	-2,27%	-1 294,56	27,31	33,03	3	-837,27	-839,02	-840,77	0,00	0,00
1	0	90,7	4000	40	65,85	-5 100,00	1 275,00	4 728,98	1 182,25	2,20%	-371,02	8,90	10,78	-0,35%	-1 226,08	25,39	30,70	3	-1 116,36	-1 118,70	-1 121,02	0,00	0,00
1	0	90,7	4000	50	65,85	-6 375,00	1 275,00	5 911,23	1 182,25	2,20%	-463,77	8,90	10,78	0,65%	-1 157,60								

TABLEAU 29 - ÉVOLUTION DES INDICATEURS DE RENTABILITÉ EN FONCTION DE LA PUISSANCE INSTALLÉE POUR LES GRANDES CONSOMMATIONS

Régime de propriété	inclinaison toit	Prix CV	Consommations (kWh)	Superficie du toit (m2)	Toit cesse d'être une limite (m2)	TRI 10 ans	VAN 10 ans (€)	Temps retour (10 ans) (années)	Temps retour actu (10 ans) (années)	TRI 25 ans	VAN 25 ans (€)	Temps retour (25 ans) (années)	Temps retour actu (25 ans) (années)
0	1	90,7	4000	10	36,58	15,54%	1 802,27	4,93	5,60	15,58%	3 211,55	11,69	13,54
0	1	90,7	4000	20	36,58	9,31%	1 635,31	6,34	7,37	10,35%	3 334,81	13,79	16,15
0	1	90,7	4000	30	36,58	7,06%	1 468,35	7,01	8,24	8,43%	3 458,07	15,01	17,70
0	1	90,7	4000	<b>36,58</b>	36,58	6,23%	1 358,49	7,29	8,61	7,70%	3 539,18	15,57	18,41
0	1	90,7	4000	<b>50</b>	36,58	3,45%	219,72	8,34	9,79	5,92%	3 216,96	16,66	19,63

TABLEAU 30 - RENTABILITÉ POUR UN PROPRIÉTAIRE BAILLEUR (GRANDE CONSOMMATION)

Régime de propriété	inclinaison toit	Prix CV	Consommations (kWh)	Superficie du toit (m2)	Toit cesse d'être une limite (m2)	TRI 10 ans	VAN 10 ans (€)	Temps retour (10 ans) (années)	Temps retour actu (10 ans) (années)	TRI 25 ans	VAN 25 ans (€)	Temps retour (25 ans) (années)	Temps retour actu (25 ans) (années)
1	0	90,7	8000	10	131,69	2,20%	-92,75	8,90	10,78	#NOMBRE!	-1 431,52	42,70	51,64
1	0	90,7	8000	20	131,69	2,20%	-185,51	8,90	10,78	-7,25%	-1 363,04	31,16	37,68
1	0	90,7	8000	30	131,69	2,20%	-278,26	8,90	10,78	-2,27%	-1 294,56	27,31	33,03
1	0	90,7	8000	40	131,69	2,20%	-371,02	8,90	10,78	-0,35%	-1 226,08	25,39	30,70
1	0	90,7	8000	50	131,69	2,20%	-463,77	8,90	10,78	0,65%	-1 157,60	24,24	29,31

TABLEAU 31 - GARANTIE DE RENTABILITÉ EN 7 ANS (GRANDE CONSOMMATION)

Régime de propriété	inclinaison toit	Prix CV	Consommations (kWh)	Superficie du toit (m2)	Toit cesse d'être une limite (m2)	TRI 10 ans	VAN 10 ans (€)	Temps retour (10 ans) (années)	Temps retour actu (10 ans) (années)	TRI 25 ans	VAN 25 ans (€)	Temps retour (25 ans) (années)	Temps retour actu (25 ans) (années)
0	1	90,7	4000	10	36,58	15,54%	1 802,27	4,93	5,60	15,58%	3 211,55	11,69	13,54
0	1	90,7	4000	20	36,58	9,31%	1 635,31	6,34	7,37	10,35%	3 334,81	13,79	16,15
0	1	90,7	4000	30	36,58	7,06%	1 468,35	7,01	8,24	8,43%	3 458,07	15,01	17,70
0	1	90,7	4000	<b>36,58</b>	36,58	6,23%	1 358,49	7,29	8,61	7,70%	3 539,18	15,57	18,41
0	1	90,7	4000	<b>50</b>	36,58	3,45%	219,72	8,34	9,79	5,92%	3 216,96	16,66	19,63
0	1	90,7	8000	10	73,16	26,64%	3 771,49	3,41	3,78	27,17%	7 799,84	7,13	8,18
0	1	90,7	8000	20	73,16	15,54%	3 604,53	4,93	5,60	17,02%	7 923,10	9,38	10,86
0	1	90,7	8000	30	73,16	11,46%	3 437,57	5,79	6,67	13,34%	8 046,36	10,94	12,76
0	1	90,7	8000	40	73,16	9,11%	3 011,46	6,40	7,31	11,79%	8 880,70	11,24	13,05
0	1	90,7	8000	50	73,16	7,30%	2 582,79	6,94	7,99	10,16%	8 722,90	12,32	14,35
0	0	90,7	4000	10	65,85	24,52%	1 876,47	3,63	4,05	23,56%	3 156,77	10,18	11,70
0	0	90,7	4000	20	65,85	14,34%	1 783,71	5,16	5,88	14,57%	3 225,25	12,00	13,92
0	0	90,7	4000	30	65,85	10,61%	1 690,96	6,00	6,93	11,44%	3 293,72	13,23	15,45
0	0	90,7	4000	40	65,85	8,65%	1 598,21	6,53	7,61	9,79%	3 362,20	14,12	16,56
0	0	90,7	4000	50	65,85	7,43%	1 505,45	6,90	8,09	8,75%	3 430,68	14,79	17,41
0	0	90,7	8000	10	131,69	42,66%	3 845,69	2,28	2,49	42,60%	7 745,05	5,78	6,59
0	0	90,7	8000	20	131,69	24,52%	3 752,94	3,63	4,05	25,20%	7 813,53	7,43	8,53
0	0	90,7	8000	30	131,69	17,88%	3 660,18	4,53	5,11	19,13%	7 882,01	8,73	10,08
0	0	90,7	8000	40	131,69	14,34%	3 567,43	5,16	5,88	15,94%	7 950,49	9,78	11,34
0	0	90,7	8000	50	131,69	12,13%	3 474,67	5,63	6,47	13,95%	8 018,97	10,64	12,39

TABLEAU 32 - RENTABILITÉ SANS CV (GRANDE CONSOMMATION)

Régime de propriété	inclinaison toit	Prix CV	Consommations (kWh)	Superficie du toit (m2)	Toit cesse d'être une limite (m2)	TRI 10 ans	VAN 10 ans (€)	Temps retour (10 ans) (années)	temps retour (10 ans) (années)	TRI 25 ans	VAN 25 ans (€)	Temps retour (25 ans) (années)	Temps retour actu (25 ans) (années)
0	0	0	4000	10	65,85	11,50%	821,62	5,77	6,08	12,35%	2 101,92	12,58	14,23
0	0	0	4000	20	65,85	-1,50%	-325,99	10,88	11,47	4,48%	1 115,54	17,33	19,60
0	0	0	4000	30	65,85	-7,21%	-1 473,59	15,43	16,27	1,53%	129,17	21,59	24,41
0	0	0	4000	40	65,85	-10,63%	-2 621,20	19,52	20,57	-0,16%	-857,20	25,41	28,73
0	0	0	4000	50	65,85	-12,98%	-3 768,80	23,21	24,46	-1,29%	-1 843,57	28,87	32,64
0	0	0	8000	10	131,69	31,44%	2 790,84	2,97	3,14	31,79%	6 690,20	6,48	7,33
0	0	0	8000	20	131,69	11,50%	1 643,24	5,77	6,08	14,89%	5 703,83	9,18	10,38
0	0	0	8000	30	131,69	3,31%	495,63	8,40	8,85	9,21%	4 717,46	11,72	13,26
0	0	0	8000	40	131,69	-1,50%	-651,97	10,88	11,47	6,19%	3 731,09	14,12	15,97
0	0	0	8000	50	131,69	-4,78%	-1 799,58	13,22	13,93	4,24%	2 744,72	16,39	18,54

TABLEAU 33 - RAPPORT GAINS – EMPRUNT (GRANDE CONSOMMATION)

Régime de propriété	inclinaison toit	Prix CV	Consommations (kWh)	Superficie du toit (m2)	Durée de remboursement (années)	Gains -emprunt (année 1) (€)	Gains -emprunt (année 2) (€)	Gains -emprunt (année 3) (€)	Gains -emprunt (année 4) (€)	Gains -emprunt (année 5) (€)
0	1	90,7	4000	30	3,5	-971,64	-974,79	-977,93	2,51	0,00
0	1	90,7	8000	30	3,5	-764,05	-767,20	-770,34	210,10	0,00
0	1	65	8000	30	3,5	-966,39	-968,74	-971,07	10,18	0,00
0	0	90,7	4000	50	3,5	-884,29	-887,21	-890,12	17,70	0,00
0	0	90,7	8000	50	3,5	-676,70	-679,62	-682,53	225,29	0,00
0	0	65	8000	50	3,5	-864,05	-866,22	-868,38	40,18	0,00

TABLEAU 34 - RENTABILITE EN FONCTION DE LA CONSOMMATION

Régime de propriété	inclinaison toit	Prix CV	Consommations (kWh)	Superficie du toit (m2)	Toit cesse d'être une limite (m2)	TRI 10 ans	VAN 10 ans (€)	Temps retour (10 ans) (années)	Temps retour actu (10 ans) (années)	TRI 25 ans	VAN 25 ans (€)	Temps retour (25 ans) (années)	Temps retour actu (25 ans) (années)
0	1	90,7	1000	20	9,15	4,18%	181,20	8,05	9,62	3,31%	-53,25	21,13	25,22
0	1	90,7	3000	20	27,44	7,87%	1 211,44	6,76	7,91	8,62%	2 347,21	15,35	18,05
0	1	90,7	4000	20	36,58	9,31%	1 635,31	6,34	7,37	10,35%	3 334,81	13,79	16,15
0	1	90,7	8000	20	73,16	15,54%	3 604,53	4,93	5,60	17,02%	7 923,10	9,38	10,86

