

# COMMISSION DE REGULATION DE L'ENERGIE EN REGION DE BRUXELLES-CAPITALE

## ETUDE (BRUGEL-ETUDE-20151028-11)

Relative au parc photovoltaïque en région de Bruxelles-capitale –  
2014

30/10/2015

Rapport réalisé par Climact, Data @ Work et GreenSkill pour le compte de BRUGEL

# Table des matières

1	Base légale.....	4
2	Introduction.....	5
2.1	Objet du rapport .....	5
2.2	Contexte.....	5
3	Préparation des données.....	9
3.1	Sources de données .....	9
3.2	Principales hypothèses.....	9
4	Type et origine du matériel installé.....	11
4.1	Rendements des panneaux (puissance spécifique Wc/m <sup>2</sup> ).....	12
4.2	Parts de marché des fabricants de panneaux.....	14
4.3	Parts de marché des fabricants d'onduleurs.....	15
4.4	Origine des modules.....	16
5	Productivité des installations.....	18
5.1	Evolution de la productivité du parc.....	20
5.2	Evolution de la performance des installations.....	25
6	Prix des installations.....	29
6.1	Evolution des prix sur la période 2012-2014.....	30
6.2	Evolution du prix en fonction de la puissance installée.....	31
6.3	Vérification des effets d'échelle.....	34
6.4	Evolution du prix en fonction de l'origine des panneaux.....	35
6.5	Evolution du prix en fonction de la technologie.....	37
7	Niveau d'autonomie.....	38
8	Taux d'autoconsommation.....	40
9	Conclusions.....	46

# Liste des illustrations

Figure 1	: Répartition par classe de puissance des installations PV chez les particuliers fin 2014.....	7
Figure 2	: Evolution de la répartition de la puissance annuelle installée entre les types de titulaire.....	8
Figure 3	: Puissance spécifique (Wc/m <sup>2</sup> ) des installations du parc bruxellois fin 2014.....	12
Figure 4	: Top 5 des marques de panneaux mis en service entre 2012 et 2014 en RBC.....	14
Figure 5	: Top 5 des marques onduleurs mis en service entre 2012 et 2014 en RBC.....	15
Figure 6	: Evolution des parts de marché des panneaux mis en service entre 2012 et 2014 en RBC en fonction de leur pays d'origine (% en kWc installé).....	17
Figure 7	: Productivité des installations PV en RBC sur la période 2012-2014.....	21
Figure 8	: Productivité des installations PV en RBC en 2014 ventilée par année de mise en service..	22
Figure 9	: Productivité des installations PV en RBC en 2014 ventilée par catégorie de puissance.....	24
Figure 10	: Courbe de distribution des installations PV en RBC en 2014 en fonction de leur performance.....	26
Figure 11	: Courbe de distribution des installations PV en RBC en 2014 en fonction de leur performance pour les 3 dernières années de mise en service.....	27
Figure 12	: Courbe de distribution des installations PV en RBC en 2014 en fonction de leur performance par catégorie de puissance des installations.....	28

Figure 13 : Prix des installations sur la période 2012-2014 (EUR/kWc) .....	30
Figure 14 : Prix des installations par catégorie de puissance (EUR/kWc) .....	31
Figure 15 : Prix des installations par catégorie de puissance (EUR/kWc) – année 2012.....	32
Figure 16 : Prix des installations par catégorie de puissance (EUR/kWc) – année 2013.....	33
Figure 17 : Prix des installations par catégorie de puissance (EUR/kWc) – année 2014.....	33
Figure 18 : Prix des installations PV en fonction de la puissance installée .....	34
Figure 19 : Lois d'échelle obtenues pour la catégorie de puissance ]0-100 kWc].....	34
Figure 20 : Prix des installations par pays d'origine des panneaux (EUR/kWc) .....	35
Figure 21 : Prix des installations PV en RBC en fonction du type de technologie (EUR/kWc) .....	37
Figure 22 : Distribution des installations en fonction de leur niveau d'autonomie.....	39
Figure 23 : Distribution des installations en fonction de leur classe d'autoconsommation.....	41
Figure 24 : Distribution des installations en fonction de leur classe d'autoconsommation pour la catégorie 0-5kW .....	43
Figure 25 : Distribution des installations en fonction de leur classe d'autoconsommation pour la catégorie 5-100 kW.....	43

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Parc de production photovoltaïque fin 2014.....	6
Tableau 2 : Evolution de la puissance PV mise en service, ventilée par type de titulaire .....	7
Tableau 3 : Répartition des installations selon la technologie.....	13
Tableau 4 : Principaux fabricants de modules photovoltaïques dans le monde en 2014.....	16
Tableau 5 : Productivité de référence pour une installation PV en RBC.....	18
Tableau 6 : Indices de normalisation climatique sur base du rayonnement solaire global .....	19
Tableau 7 : Taille de l'échantillon pour l'analyse de productivité par année de production.....	21
Tableau 8 : Taille de l'échantillon pour l'analyse de la productivité en 2014 par année de mise en service.....	22
Tableau 9 : Taille de l'échantillon pour l'analyse de productivité en 2014 par catégorie de puissance des installations.....	23
Tableau 10 : Taille de l'échantillon pour l'analyse de la performance en 2014.....	26
Tableau 11 : Taille de l'échantillon pour l'analyse de la performance en 2014 par année de mise en service.....	27
Tableau 12 : Taille de l'échantillon pour l'analyse de la performance en 2014 par catégorie de puissance .....	28
Tableau 13 : Taille et représentativité de l'échantillon .....	30
Tableau 14 : Taille et représentativité de l'échantillon .....	31
Tableau 15 : Taille et représentativité de l'échantillon .....	35
Tableau 16 : Taille et représentativité de l'échantillon .....	37
Tableau 17 : Taille et distribution de l'échantillon .....	39
Tableau 18 : Taille et distribution de l'échantillon .....	42
Tableau 19 : Autoconsommation moyenne de l'ensemble du parc PV en RBC .....	42
Tableau 20 : Taille et distribution de l'échantillon des 0-5 kW et 5-100 kW .....	44
Tableau 21 : Autoconsommation moyenne des installations de 0-5 kW et de 5-100 kW .....	44
Tableau 22 : Taille et distribution de l'échantillon des clients particuliers et privés .....	45
Tableau 23 : Autoconsommation moyenne des installations clients particuliers et privés .....	45

## I Base légale

L'ordonnance du 19 juillet 2001 relative à l'organisation du marché de l'électricité en Région de Bruxelles-Capitale prévoit, en son article 30bis §2, 7°, inséré par l'article 56 de l'ordonnance du 14 décembre 2006, que :

*« ... BRUGEL est investie d'une mission de conseil auprès des autorités publiques en ce qui concerne l'organisation et le fonctionnement du marché régional de l'énergie, d'une part, et d'une mission générale de surveillance et de contrôle de l'application des ordonnances et arrêtés y relatifs, d'autre part.*

*BRUGEL est chargée des missions suivantes :*

*2° d'initiative ou à la demande du Ministre ou du Gouvernement, effectuer des recherches et des études ou donner des avis, relatifs au marché de l'électricité et du gaz;*

*... »*

La présente étude rentre dans le cadre précité.

## 2 Introduction

### 2.1 Objet du rapport

Dans le rapport annuel de BRUGEL sur le marché des certificats verts, le parc de production photovoltaïque (PV) bruxellois est analysé et détaillé. Ces informations s'articulent principalement autour de quatre indicateurs clés : nombre et puissance des installations, électricité produite, nombre de garanties d'origine (GO) octroyés y liées, et nombre de certificats verts (CV) octroyés.

Cependant, dans la banque de données BRUGEL il y a un nombre important d'informations supplémentaires, requises lors de la certification des installations PV, mais non-exploitées pour le rapport annuel car trop détaillées.

Le présent rapport porte sur les résultats d'une étude réalisée pour Brugel par le consortium constitué de Climact, Data @ Work et GreenSkill qui visait à exploiter les informations supplémentaires afin d'identifier, d'analyser et d'interpréter une série d'indicateurs identifiés comme pertinents sur le parc PV au 31/12/2014, ainsi que leur évolution dans le temps.

Le présent rapport permet donc d'approfondir et de compléter les analyses du parc PV du rapport annuel BRUGEL 2014. Les deux rapports restent néanmoins tout à fait indépendants.

Les résultats présentés se concentrent sur cinq analyses spécifiques identifiées comme particulièrement pertinentes pour comprendre l'évolution passée et future du parc PV bruxellois :

1. Type et origine du matériel installé
2. Productivité des installations
3. Prix des installations
4. Autonomie
5. Autoconsommation

Il est important de préciser que l'étude réalisée a un caractère exploratoire avec un périmètre limité par les données disponibles et exploitables. Les résultats présentés n'ont pas fait l'objet de consultations des acteurs du secteur et pourront être approfondis dans des analyses futures.

### 2.2 Contexte

Les premières installations photovoltaïques (PV) sont apparues en Région de Bruxelles-Capitale (RBC) dès 2006. Le développement des installations sur le territoire de la RBC est lié de manière directe à l'évolution des divers incitants financiers<sup>1</sup> en vigueur sur la période 2006-2014 sous forme de primes, avantages fiscaux, certificats verts et tarification adaptée via le principe de compensation<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Le rapport annuel 2014 de BRUGEL sur le marché des certificats verts reprend l'évolution trimestrielle sur la période 2006-2014 de ces incitants financiers ainsi que l'évolution du parc de production photovoltaïque résultante.

<sup>2</sup> La compensation est un mécanisme de comptage qui consiste à déduire les quantités injectées des quantités prélevées du réseau. Actuellement, le principe de compensation n'est applicable qu'aux installations de production d'électricité verte et de cogénération d'une puissance inférieure ou égale à 5 kW.

La ventilation du parc de production photovoltaïque fin 2014 suivant le type de titulaire et la catégorie de puissance des installations est résumée dans le tableau ci-dessous.

Parc de production photovoltaïque fin 2014								
Catégorie de puissance	Nombre			Puissance [kW]			Nombre total	Puissance totale [kW]
	Entreprise privée	Entreprise publique	Particulier	Entreprise privée	Entreprise publique	Particulier		
0 - 5 kW	166	27	2.412	532	90	6.513	2.605	7.134
5 - 10 kW	67	27	201	435	167	1.191	295	1.793
10 - 100 kW	129	21	10	4.739	696	176	160	5.610
100 - 1000 kW	69	1	0	24.371	110	0	70	24.481
> 1000 kW	9	0	0	9.623	0	0	9	9.623
<b>TOTAL</b>	<b>440</b>	<b>76</b>	<b>2.623</b>	<b>39.699</b>	<b>1.063</b>	<b>7.879</b>	<b>3.139</b>	<b>48.641</b>

**Tableau 1 : Parc de production photovoltaïque fin 2014<sup>3</sup>**

Au regard de ce tableau, deux marchés se distinguent essentiellement en RBC, d'une part celui des petites installations (puissance installée inférieure ou égale à 10 kW) qui concerne quasi exclusivement des particuliers (90% des installations fin 2014) et d'autre part celui des moyennes à grandes installations (puissance installée supérieure à 10 kW) et qui concerne quasi exclusivement des entreprises privées ou publiques (96% des installations fin 2014).

Pour rappel, seules les installations d'une puissance inférieure ou égale à 5 kW bénéficient de la compensation. Si ces dernières représentent 83% de l'ensemble des installations fin 2014 (plus de 90% des cas pour les particuliers), elles ne contribuent toutefois que pour à peine 15% de la puissance totale installée en RBC.

La figure ci-dessous illustre la répartition par classe de puissance des 2.623 installations appartenant aux particuliers. Si la puissance moyenne installée pour le segment des particuliers est située à 3 kWc, on constate que les modes principaux se situent autour de 2 et 3 kW et près de 70% des installations ont une puissance inférieure ou égale à 3 kW.

<sup>3</sup> Cfr. rapport annuel relatif au fonctionnement du marché des certificats verts, des garanties d'origine et du système de reconnaissance des certificats verts wallons en 2014

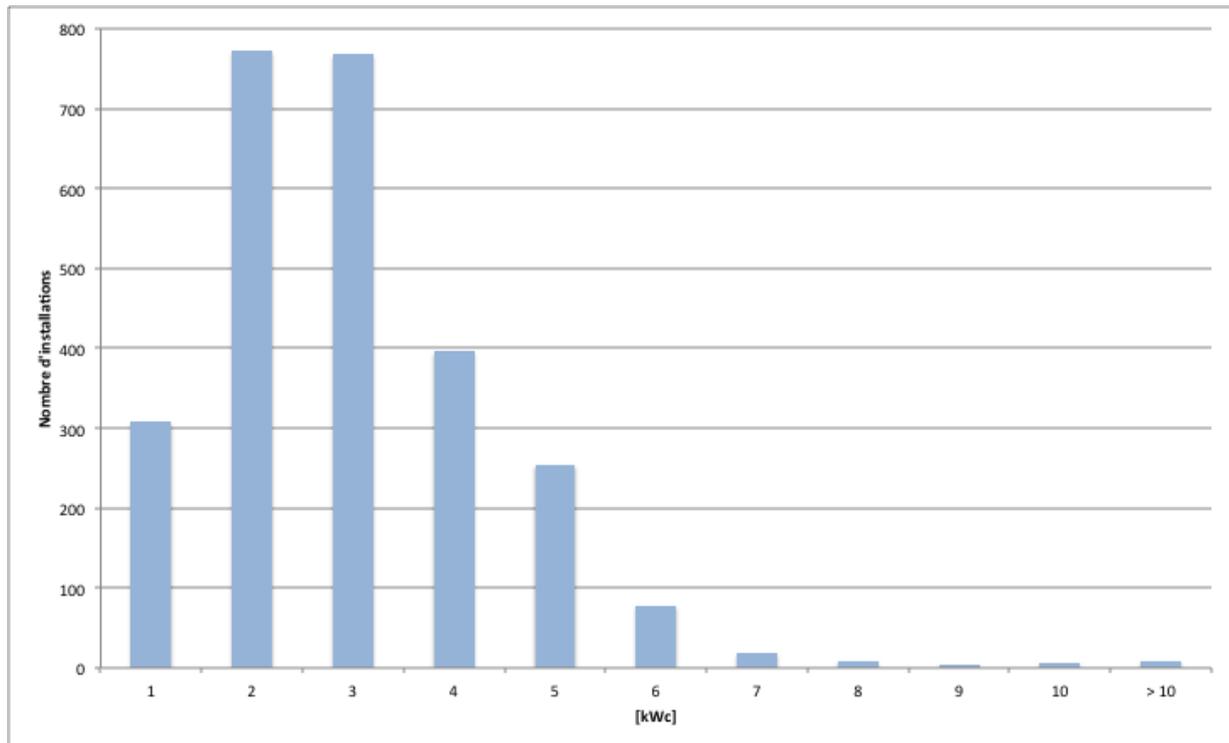


Figure 1 : Répartition par classe de puissance des installations PV chez les particuliers fin 2014

Le tableau ci-dessous indique les puissances installées par année sur la période 2006-2014, ventilée par type de titulaire et par catégorie de puissance :

Puissance installée [kW]					Puissance installée [kW]						
Année	Entreprise privée	Entreprise publique	Particulier	Total	Année	0 - 5 kW	5 - 10 kW	10 - 100 kW	100 - 1000 kW	> 1000 kW	Total
	2006	3	28			7	38	2006	10	28	
2007	0	0	41	41	2007	33	8	0	0	0	41
2008	75	44	549	668	2008	555	22	91	0	0	668
2009	613	19	3.139	3.771	2009	3.057	305	307	102	0	3.771
2010	606	168	783	1.556	2010	774	164	517	102	0	1.556
2011	1.581	173	801	2.555	2011	713	223	638	980	0	2.555
2012	10.364	212	1.264	11.840	2012	971	420	1.590	5.554	3.306	11.840
2013	24.571	345	1.045	25.961	2013	818	514	2.085	16.227	6.317	25.961
2014	1.887	74	250	2.211	2014	204	109	382	1.516	0	2.211
<b>Total</b>	<b>39.699</b>	<b>1.063</b>	<b>7.879</b>	<b>48.641</b>	<b>Total</b>	<b>7.134</b>	<b>1.793</b>	<b>5.610</b>	<b>24.481</b>	<b>9.623</b>	<b>48.641</b>

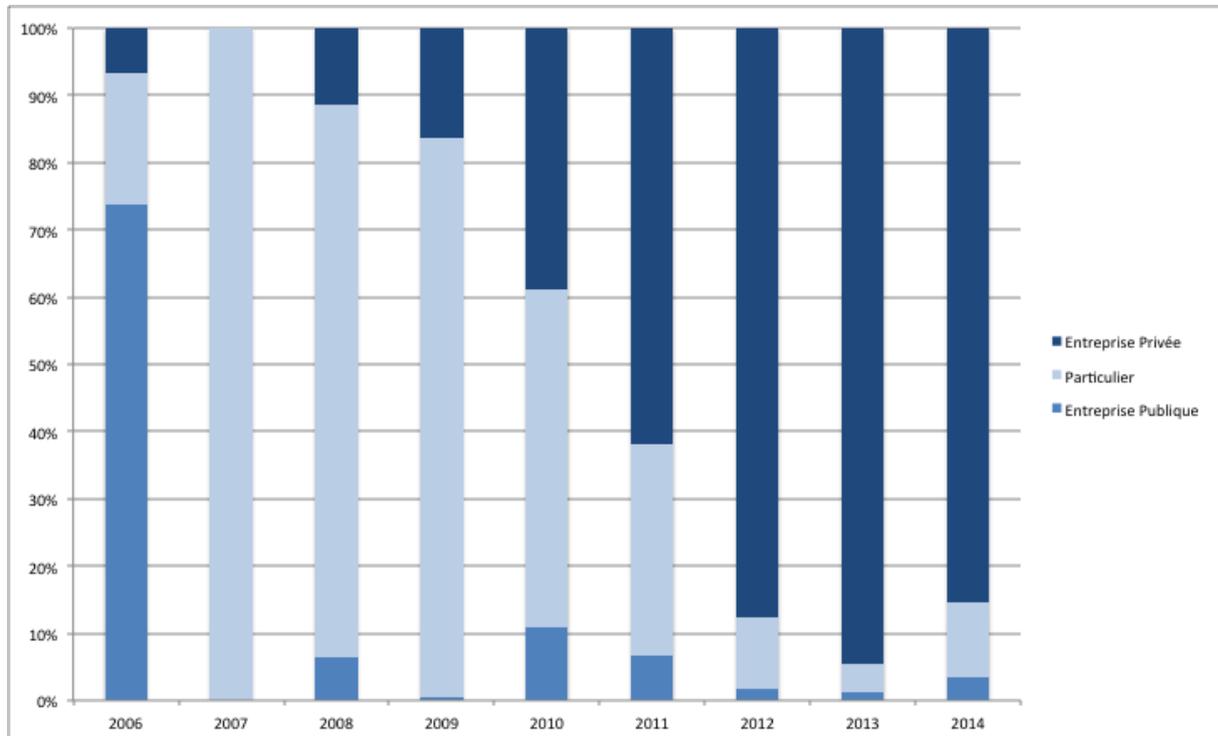
  

Nombre d'installation					Nombre d'installation						
Année	Entreprise privée	Entreprise publique	Particulier	Total	Année	0 - 5 kW	5 - 10 kW	10 - 100 kW	100 - 1000 kW	> 1000 kW	Total
	2006	1	4			2	7	2006	3	4	
2007	0	0	24	24	2007	23	1	0	0	0	24
2008	10	1	261	272	2008	266	4	2	0	0	272
2009	83	2	1.200	1.285	2009	1.221	48	15	1	0	1.285
2010	42	12	261	315	2010	274	24	16	1	0	315
2011	36	22	233	291	2011	231	39	18	3	0	291
2012	86	8	326	420	2012	289	71	42	15	3	420
2013	151	23	253	427	2013	237	86	55	43	6	427
2014	31	4	63	98	2014	61	18	12	7	0	98
<b>Total</b>	<b>440</b>	<b>76</b>	<b>2.623</b>	<b>3.139</b>	<b>Total</b>	<b>2.605</b>	<b>295</b>	<b>160</b>	<b>70</b>	<b>9</b>	<b>3.139</b>

Tableau 2 : Evolution de la puissance PV mise en service, ventilée par type de titulaire

L'analyse de ce tableau indique une tendance générale sur le marché bruxellois qui s'oriente de plus en plus vers des installations dans le secteur des entreprises privées ou publiques (via l'intervention

de tiers-investisseurs privés). En effet, comme l'illustre la figure suivante, si le marché des particuliers s'est fortement développé jusqu'en 2009, à partir de 2010, 2011, ce sont les installations (de grande taille) dans les entreprises privées qui se sont progressivement imposées et atteignant des records en terme de puissance installée en 2012 et 2013 (plus de 75% de la puissance totale installée fin 2014).



**Figure 2 : Evolution de la répartition de la puissance annuelle installée entre les types de titulaire**

Ce développement s'est toutefois retrouvé fortement ralenti en 2014 où l'on observe une chute drastique de la puissance annuelle installée à un niveau comparable à celui de l'année 2011, suite à la diminution sensible du niveau de soutien (passage du coefficient multiplicateur de 2,2 à 1,32).

## 3 Préparation des données

### 3.1 Sources de données

Les analyses présentées dans ce rapport se basent sur trois sources de données :

1. Extrait de la base de données de Brugel contenant les données des installations ;
2. Extrait de la base de données de Brugel contenant les index de production envoyés par les titulaires, ainsi que les calculs d'octroi de Certificats verts et de Garanties d'origine aux installations ;
3. Extrait de la base de données du gestionnaire de réseau de distribution contenant les index de prélèvement et de réinjection et les données de consommation par code EAN des installations.

### 3.2 Principales hypothèses

Afin de s'assurer de ne réaliser les analyses que sur base des données pertinentes, certaines données ont été filtrées en suivant systématiquement les 3 étapes suivantes :

*1. Filtrage des données sources sur base de leur qualité*

Vérification et exclusion des valeurs manquantes, valeurs nulles lorsque celles-ci interviennent dans le calcul d'un indicateur (ou dans les segments analysés)

*2. Filtrage des indicateurs sur base de la connaissance de l'industrie*

Après calcul des indicateurs, certains filtres ont été appliqués pour exclure les valeurs incorrectes sur base de références de l'industrie (maximum technique de 1.250 kWh/kWc<sup>4</sup> pour la productivité des installations ; maximum technique de 215 Wc/m<sup>2</sup> pour le rendement des panneaux<sup>5</sup> ; minimum et maximum de 1.000 et 10.000 EUR/kWc pour les prix des installations (TVAC) ; EAV (« Estimated Annual Value ») minimum de 1.000 kWh/an<sup>6</sup>).

*3. Filtrage des indicateurs pour identifier les valeurs extrêmes non pertinentes*

Il se peut qu'après ces 2 premiers filtres, certaines données doivent encore être considérées comme valeurs extrêmes non pertinentes au cas par cas selon les indicateurs. Pour ce faire, l'identification des valeurs extrêmes non pertinentes a été réalisée par analyse statistique en utilisant des graphes de type « nuage de points » ou « diagramme en boîte » pour représenter les données. Ces graphes permettent d'identifier les seuils pour les valeurs extrêmes non

---

<sup>4</sup> La valeur de 1250 kWh/kWc correspond à la production maximale attendue pour une installation située en Région de Bruxelles-Capitale, exposée de manière optimale (sud, 35° sans ombrage) et munie d'un suiveur solaire.

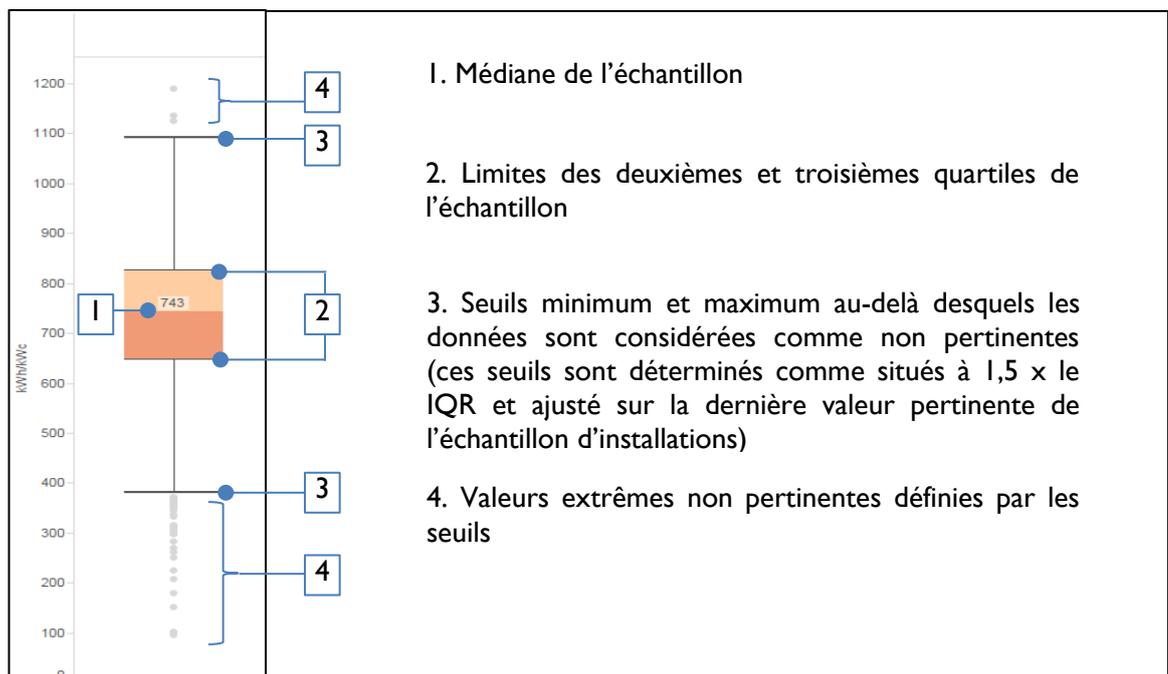
<sup>5</sup> La valeur de 215 Wc/m<sup>2</sup> correspond à la valeur maximale observée sur les fiches techniques des modules disponibles sur le marché en 2015

<sup>6</sup> La médiane de consommation annuelle du consommateur bruxellois résidentiel se situant à 1949 kWh, un EAV avant installation PV inférieur à 50%, arrondi à 1000 kWh, semble pertinent dans la mesure où cela exclut des cas de logement inhabité et de rénovation.

pertinentes soit visuellement via la densité de points dans le graphe « nuage de points », soit par la méthode des « 1,5 IQR »<sup>7</sup> utilisée couramment en statistique descriptive et qui permet la détermination des barres supérieures et inférieures des « diagrammes en boîte ».

Cette troisième et dernière étape se limite toutefois à une analyse visuelle. Les résultats statistiques publiés (médiane, quartile, moyenne, etc.) porteront donc sur l'ensemble des données retenues au terme des deux premières étapes de filtrage.

### Lecture des diagrammes en boîte :



Pour chaque analyse, et après application des étapes de filtrage, une évaluation de la qualité et de la représentativité des données a été réalisée en communiquant le nombre d'installations incluses dans l'analyse et la proportion que cet échantillon représente par rapport aux données originales.

<sup>7</sup> L'espace interquartile (IQR) est par définition la différence entre le troisième quartile et le premier quartile. La barre supérieure (inférieure) du graphique est déterminée en ajoutant (soustrayant) 1,5 fois l'espace interquartile (IQR) au troisième (premier) quartile.

## 4 Type et origine du matériel installé

Cette première analyse a pour objectif d'identifier les différents types d'installations réalisées en Région de Bruxelles-Capitale, les parts de marché des différents fabricants ainsi que l'origine du matériel installé.

L'offre de produits, soutenue par un marché mondial en croissance (estimée à +3% en 2014 avec près de 40 GW installés<sup>8</sup>), est en constante évolution que ce soit en terme de prix, de rendement des cellules et modules (panneaux). Les installations photovoltaïques peuvent en outre se distinguer par de nombreuses variantes technologiques selon notamment :

- le type de cellules utilisées : Silicium mono et poly-cristallin, couches minces, etc. ;
- le type d'onduleurs ;
- le mode d'intégration au bâti bruxellois : panneaux classiques rigides ou intégration de matériaux photovoltaïques dans le bâtiment (BIPV<sup>9</sup>) ;
- le type de montage : toiture plate, inclinée ou façade, avec surimposition ou intégré, au sol avec ou sans suiveurs solaires, etc.

Cette diversité de situations, déjà présente en Région de Bruxelles-Capitale, n'est cependant pas capturée dans la banque de données des installations de BRUGEL. Cette étude étant limitée aux informations directement exploitables, seuls les indicateurs suivants ont par conséquent pu faire l'objet d'une analyse :

- 1 Rendement des panneaux (Wc/m<sup>2</sup>) ;
- 2 Parts de marché des fabricants de panneaux ;
- 3 Parts de marché des fabricants d'onduleurs ;
- 4 Origine de production des panneaux.

*Principales leçons de l'analyse :*

5 marques de panneaux concentrent ~50% du marché.

5 marques d'onduleurs concentrent ~90% du marché et 2 marques dominent le marché avec ~70% du marché.

En termes de puissance installée, le marché des panneaux est dominé par des panneaux de rendement moyen (> 125 et <= 175 Wc/m<sup>2</sup>) et des panneaux fabriqués en Chine.

---

<sup>8</sup> Global Market Outlook for Solar Power 2015-2019, Solar Power Europe, [www.solarpowereurope.org](http://www.solarpowereurope.org)

<sup>9</sup> Building-Integrated PhotoVoltaïcs

## 4.1 Rendements des panneaux (puissance spécifique $Wc/m^2$ )

*Définition de l'indicateur :*

La banque de données BRUGEL ne renseigne pas le type de cellule ou le modèle de panneaux d'une installation mais bien sa puissance crête (kWc) ainsi que la surface des panneaux ( $m^2$ ).

Sur base de ces informations, la puissance spécifique des panneaux ( $Wc/m^2$ ) peut être directement calculée ainsi que le rendement du panneau (%) en divisant la puissance spécifique obtenue par 1.000  $W/m^2$  correspondant à l'irradiation solaire dans les conditions standards.

Afin de pouvoir caractériser le parc de production, les installations ont ensuite été regroupées selon les trois catégories suivantes :

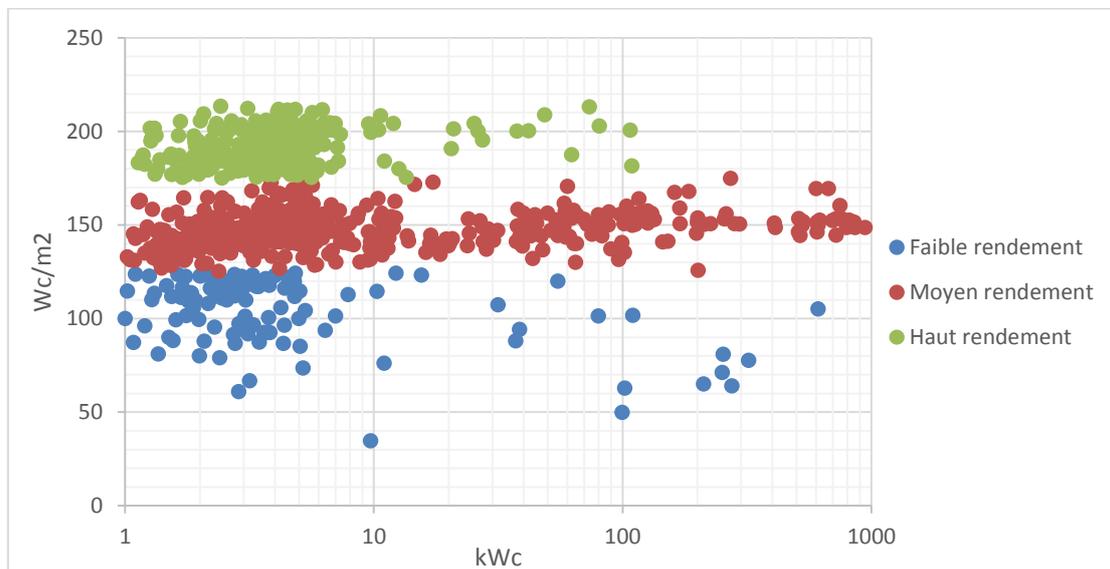
Module à faible rendement:  $\leq 125 Wc/m^2$ ;

Module à moyen rendement:  $> 125$  et  $\leq 175 Wc/m^2$ ;

Module à haut rendement:  $> 175$  et  $\leq 215 Wc/m^2$ .

*Résultats :*

La figure ci-dessous de type « nuage de points » illustre les différentes valeurs obtenues pour l'ensemble des installations<sup>10</sup>.



**Figure 3 : Puissance spécifique ( $Wc/m^2$ ) des installations du parc bruxellois fin 2014**

<sup>10</sup> Sur les 3.139 installations, seules 20 installations ont été exclues faute d'information disponible sur la surface des panneaux et 14 installations obtenaient une puissance spécifique supérieure à la valeur maximale considérée de 215  $Wc/m^2$ .

Au total, c'est près de 330.000 m<sup>2</sup> qui sont installés en RBC avec une puissance spécifique moyenne de 146 Wc/m<sup>2</sup>.

Le tableau ci-dessous comprend les parts de marché (% en nombre d'installations et % en kWc installé) de ces trois catégories d'installation sur l'ensemble du parc fin 2014 ainsi que les puissances spécifiques moyennes par catégorie (Wc/m<sup>2</sup>).

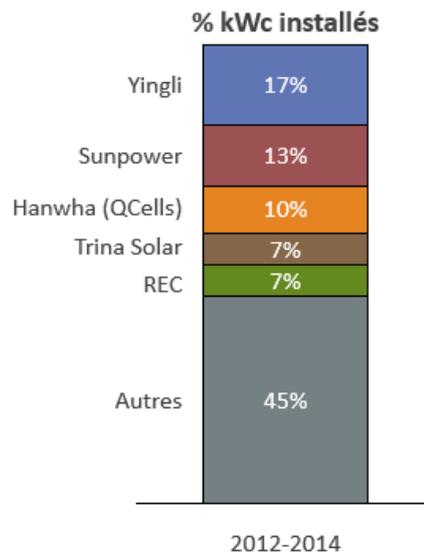
	Faible rendement	Moyen rendement	Haut rendement	Total
% installations	5%	65%	30%	100%
% en kWc	6%	86%	8%	100%
Wc/m <sup>2</sup> moyen	82	151	192	146

**Tableau 3 : Répartition des installations selon la technologie**

## 4.2 Parts de marché des fabricants de panneaux

L'analyse des parts de marché des différents types de matériel utilisé pour les installations photovoltaïques doit permettre d'identifier les grandes tendances sur le marché bruxellois et de les situer par rapport à celles observées dans le monde.

La figure suivante présente les parts de marché des marques de panneaux pour la période 2012-2014 :

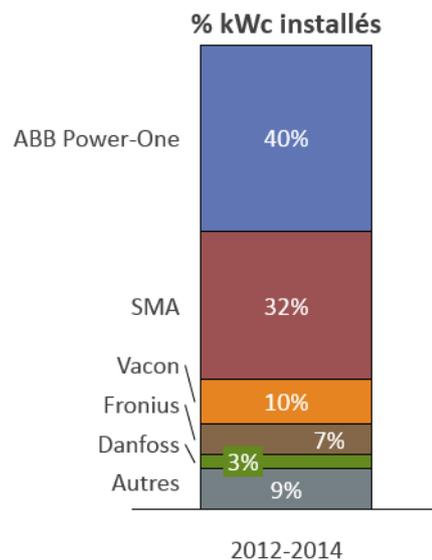


**Figure 4 : Top 5 des marques de panneaux mis en service entre 2012 et 2014 en RBC**

On constate que le marché est dominé par 5 marques de panneaux qui concentrent ~50% du marché.

### 4.3 Parts de marché des fabricants d'onduleurs

La figure suivante présente les parts de marché des marques d'onduleurs pour la période 2012-2014 :



**Figure 5 : Top 5 des marques onduleurs mis en service entre 2012 et 2014 en RBC**

On constate que le marché est encore plus concentré que celui des panneaux puisque 2 marques concentrent ~70%<sup>11</sup> du marché à elles seules. Les 5 fabricants qui dominent le marché bruxellois (~90% du marché) sont des leaders mondiaux dans le domaine des onduleurs pour installations photovoltaïques. Aucune singularité n'est donc observée sur le marché bruxellois en ce qui concerne les fabricants d'onduleurs. Il est à noter que tous ces fabricants sont des groupes basés en Europe et qui pour la plupart disposent toujours d'usines en Europe dédiées à la fabrication des onduleurs.

<sup>11</sup> On atteint même ~75% si on tient compte de l'accord de coopération signé entre Danfoss et SMA en 2014

## 4.4 Origine des modules

L'augmentation sensible de la demande mondiale sur les marchés asiatiques ainsi que les fortes baisses observées ces dernières années sur certains marchés locaux historiquement porteurs, principalement des pays européens parmi lesquels figure la Belgique<sup>12</sup>, ont occasionné de fortes évolutions dans l'industrie photovoltaïque et en particulier dans la localisation des lignes de production. Le tableau ci-dessous reprend les principaux fabricants de modules photovoltaïques en 2014 au niveau mondial.

Entreprise	Pays	Localisation des lignes de production	Livraison mondiales de modules en 2014 (MWc) <sup>13</sup>
Trina Solar	Chine	Chine	3 660
Yingli Green Energy	Chine	Chine	3 361
Canadian Solar	Canada, Chine	Canada, Chine	3 105
Jinko Solar	Chine	Chine	2 944
JA Solar	Chine	Chine	2 407
ReneSola	Chine	Pologne, Afrique du Sud, Inde, Malaisie, Corée du Sud, Turquie, Japon	1 970
Sharp Corporation	Japon	Japon, Etats-Unis	1 900
Motech	Taiwan	Taiwan, Chine, Japon, Etats-Unis	1 632
First Solar	Etats-Unis	Malaisie, Etats-Unis	1 500
Hanwha Qcells	Corée du Sud	Chine, Malaisie	1 380 <sup>14</sup>
SunPower	Etats-Unis	Etats-Unis, Philippines	1 254
REC	Norvège	Singapour, Suède	920 <sup>15</sup>

**Tableau 4 : Principaux fabricants de modules photovoltaïques dans le monde en 2014**

En comparant ce tableau avec les marques de panneaux mis en service entre 2012 et 2014 en RBC (voir figure 5), on constate que les cinq marques les plus utilisées en RBC (Yingli, SunPower, Hanwha-Qcells, Trina Solar et REC) font partie des principaux fabricants de modules dans le monde.

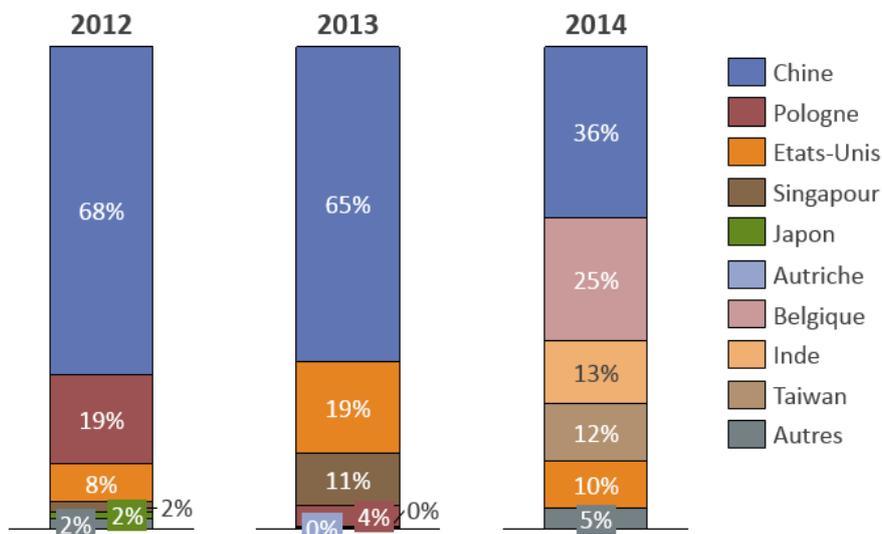
<sup>12</sup> IEA-PVPS – Snapshot of Global PV Markets 2014, [www.iesa-pvps.org](http://www.iesa-pvps.org)

<sup>13</sup> Source : Baromètre photovoltaïque – EurObserv'ER – Avril 2015

<sup>14</sup> Source : [www.hanwha-qcells.com](http://www.hanwha-qcells.com) (valeur extrapolée sur base des 3 premiers trimestres 2014)

<sup>15</sup> Source : [www.recgroup.com](http://www.recgroup.com)

La figure ci-dessous présente l'évolution des parts de marché par origine des panneaux pour les 3 dernières années de mise en service.



**Figure 6 : Evolution des parts de marché des panneaux mis en service entre 2012 et 2014 en RBC en fonction de leur pays d'origine (% en kWc installé)**

On constate que les panneaux chinois dominent le marché en termes de puissance installée. En 2014, le nombre plus réduit d'installations rend l'analyse de l'évolution plus difficile.

L'analyse devra à l'avenir être affinée en complétant les informations sur la provenance des différents types de panneaux<sup>16</sup>.

<sup>16</sup> Seul le top 20 des marques de panneaux installés en RBC a été pris en compte pour la détermination du pays d'origine.

## 5 Productivité des installations

La productivité des installations constituant le parc de production PV de la Région de Bruxelles-Capitale peut être appréciée sur base des relevés de production d'électricité enregistrés dans la banque de données de certificats verts de BRUGEL.

De plus, les productions annuelles enregistrées pour chaque installation peuvent être comparées à des valeurs de référence établies pour une installation configurée à l'optimum (orientation Sud et inclinaison de 35°C, sans ombrage) et située en Région de Bruxelles-Capitale (Uccle). Cette comparaison permet de définir la performance du parc de production PV.

Ces valeurs de référence sont généralement exprimées en kWh par kWc installé. Le tableau ci-dessous reprend les valeurs considérées dans le cadre de cette étude.

Année de production	1981-1990 <sup>17</sup>	1998-2010 <sup>17</sup>	2011 <sup>18</sup>	2012 <sup>18</sup>	2013 <sup>18</sup>	2014 <sup>18</sup>
kWh/kWc	850	950	1040	976	953	1003

**Tableau 5 : Productivité de référence pour une installation PV en RBC**

Les valeurs observées peuvent s'écarter à la baisse de ces valeurs de référence en raison de nombreux facteurs : inclinaison et orientation non optimales, présence d'ombrage, type de montage, mauvaise intégration des composants (type de panneaux et choix des onduleurs), qualité d'exécution du montage insuffisante ou encore défectuosité sur l'installation. Les valeurs observées peuvent également s'écarter à la hausse en cas d'utilisation de suiveurs solaires par exemple ou de technologies de panneaux plus poussées. BRUGEL ne dispose toutefois pas des données relatives à ces différents facteurs pour chacune des installations PV.

L'analyse considère deux indicateurs permettant de suivre l'évolution globale de la qualité des installations PV en RBC:

1. Evolution de la productivité du parc, exprimée en kWh/kWc
2. Evolution du niveau de performance du parc, exprimé en %

L'analyse de ces évolutions permet d'évaluer le potentiel d'amélioration du parc de la Région de Bruxelles-Capitale. Elle permet également d'identifier les spécificités de la Région afin de tenter d'expliquer les différences constatées en termes de performance.

*Normalisation des données :*

Pour une installation PV donnée, la production varie d'une année à l'autre en fonction des conditions climatiques. Par conséquent, lorsque des années de production différentes sont comparées, une normalisation des données de production d'électricité a été opérée sur base du « rayonnement

<sup>17</sup> Source : JRC-PVGIS (<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>)

<sup>18</sup> Source : APERE (<http://www.meteo-renouvelable.be/Photovoltaique/Historique>)

solaire global » publié par l'IRM pour la station d'Uccle. Le tableau ci-dessous donne les indices utilisés pour la normalisation des années 2012, 2013 et 2014.

Années	kWh/m2 an	Indice
Normale IRM	990	100,0
2012	1.041	105,2
2013	1.037	104,7
2014	1.064	107,5

**Tableau 6 : Indices de normalisation climatique sur base du rayonnement solaire global <sup>19</sup>**

De plus, la production d'une installation diminue avec le temps en raison d'une perte de rendement due au vieillissement des cellules<sup>20</sup>. Par conséquent, lorsque l'on souhaite comparer des installations d'âges différents, une normalisation des données de production d'électricité peut également s'avérer nécessaire. Dans le cadre de cette étude, cette normalisation n'a toutefois pas été jugé nécessaire, car elle n'affecte pas les résultats et les conclusions de manière significative.

---

<sup>19</sup> Source : IRM, Rayonnement solaire global annuel à Uccle

<sup>20</sup> La valeur typiquement retenue est de -0,5% par an (NREL, 2012)

## 5.1 Evolution de la productivité du parc

*Principales leçons de l'indicateur :*

La productivité du parc bruxellois s'améliore d'année en année ; cependant, la moitié des installations mises en service en 2013 affiche une productivité qui reste inférieure à 900 kWh/kWc.

Les grandes installations ont une productivité nettement plus élevée que la moyenne.

*Définition et segmentations de l'indicateur :*

La productivité d'une installation mesure la production annuelle d'une installation (en kWh) par rapport à sa puissance installée (kWc).

Trois dimensions ont été prises en compte pour évaluer l'évolution de la productivité des installations photovoltaïques en Région Bruxelles Capitale:

- L'année de production (2012, 2013, 2014)
- L'année de mise en service (de 2006 à 2013)<sup>21</sup>
- La catégorie de puissance ([0-5 kW] ; ]5-10 kW] ; ]10-100 kW] ; ]100-1000 kW] ; >1000 kW)

*Résultats :*

La figure 7 illustre la distribution des installations PV en RBC en fonction de leur productivité pour les années de production 2012, 2013 et 2014. Les données utilisées ont été normalisées afin de tenir compte des conditions climatiques. Cette figure comprend les informations sur la médiane, les 1<sup>er</sup> et 3<sup>ème</sup> quartiles ainsi que sur les maximum et minimum de la productivité en fonction que les données soient jugées statistiquement pertinentes (barre inférieure ou supérieure) ou non pertinentes (points grisés). Les résultats sont présentés ici indépendamment de l'année de mise en service ou de la catégorie de puissance.

Pour rappel, les résultats présentés ici sont basés sur les données après application des filtres. Le tableau ci-dessous reprend la taille de l'échantillon sur lequel l'analyse a été réalisée. On remarque qu'après application des filtres, les deux tiers des données ont été prises en compte pour 2012 et 2013. Par contre, pour 2014, deux tiers des données n'ont pas été prise en compte<sup>22</sup>. L'échantillon 2014 est toutefois jugé significatif pour cette analyse.

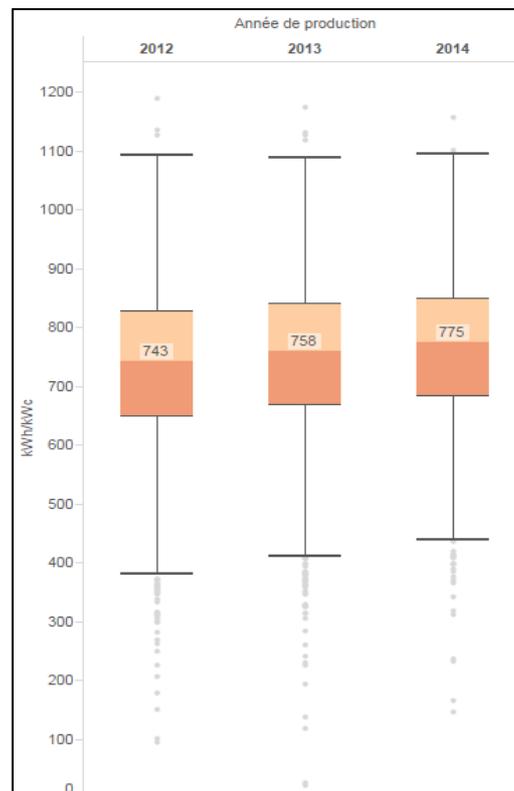
---

<sup>21</sup> Les données de production pour les installations mises en service dans le courant 2014 ne couvrant pas une année entière, elles ne peuvent pas être analysées de manière pertinente.

<sup>22</sup> Au moment de l'analyse, un certain nombre des installations du parc bruxellois n'avaient pas encore transmis leurs index de production pour la fin de l'année 2014. Ces installations ont donc été exclues de l'analyse car il n'était pas possible d'extrapoler les données reçues au reste de l'année.

Année de production	2012	2013	2014
Nombre d'installations analysées	1.198	2.212	1.145
% de l'échantillon total	63%	70%	36%

**Tableau 7 : Taille de l'échantillon pour l'analyse de productivité par année de production**



**Figure 7 : Productivité des installations PV en RBC sur la période 2012-2014**

L'analyse de la médiane permet de constater que de 2012 à 2014 la moitié des installations affichait une productivité qui est passée de moins de 750 kWh/kWc à 775 kWh/kWc. Ces valeurs sont sensiblement inférieures aux productivités de référence considérées pour la RBC (voir Tableau 5 – valeur minimale de référence de 850 kWh/kWc) et généralement annoncées dans les offres commerciales.

L'analyse des quartiles pour 2014 permet de constater que la moitié des installations a eu une productivité se situant entre 690 et 850 kWh/kWc.

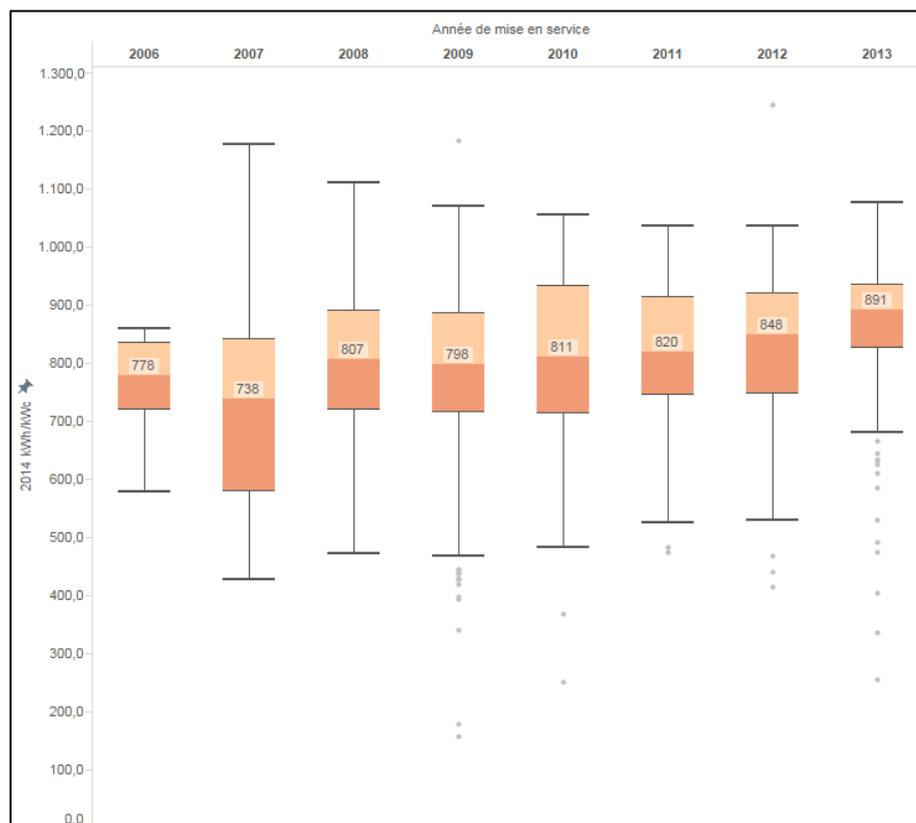
La figure 8 permet d'approfondir l'analyse sur l'année de production 2014. Les données utilisées se rapportant dans la suite de l'étude à la seule année 2014, aucune normalisation n'a été appliquée pour tenir compte des conditions climatiques. Les résultats (médiane, quartiles et min/max) ne sont donc pas directement comparables à ceux de l'analyse par année de production. Cette figure illustre la

distribution des installations du parc PV en fonction de leur productivité pour les années de mise en service de 2006 à 2013.

Le tableau ci-dessous reprend la taille de l'échantillon sur lequel l'analyse a été réalisée après application des filtres. L'échantillon porte sur au minimum un tiers des données pour chacune des années de mise en service et est donc considéré comme représentatif.

Année de mise en service	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Nombre d'installations analysées	6	14	78	500	101	128	138	180
% de l'échantillon total	86%	58%	29%	39%	32%	44%	33%	42%

**Tableau 8 : Taille de l'échantillon pour l'analyse de la productivité en 2014 par année de mise en service des installations**



**Figure 8 : Productivité des installations PV en RBC en 2014 ventilée par année de mise en service**

L'analyse de la médiane permet de constater que depuis 2009, la productivité augmente<sup>23</sup>, passant d'une productivité médiane d'environ 800 kWh/kWc pour les installations installées en 2009 (année très représentative avec 500 installations analysées) à près de 900 kWh/kWc pour 2013.

L'analyse des quartiles pour l'année de mise en service 2013 permet de constater que la moitié des installations a eu une productivité se situant entre 830 et 930 kWh/kWc.

La figure 9 se concentre également sur les données de production 2014. Elle illustre la distribution de la productivité en fonction de la catégorie de puissance des installations : ]0-5 kW] ; ]5-10 kW] ; ]10-100 kW] ; ]100-1000 kW] et >1000 kW.

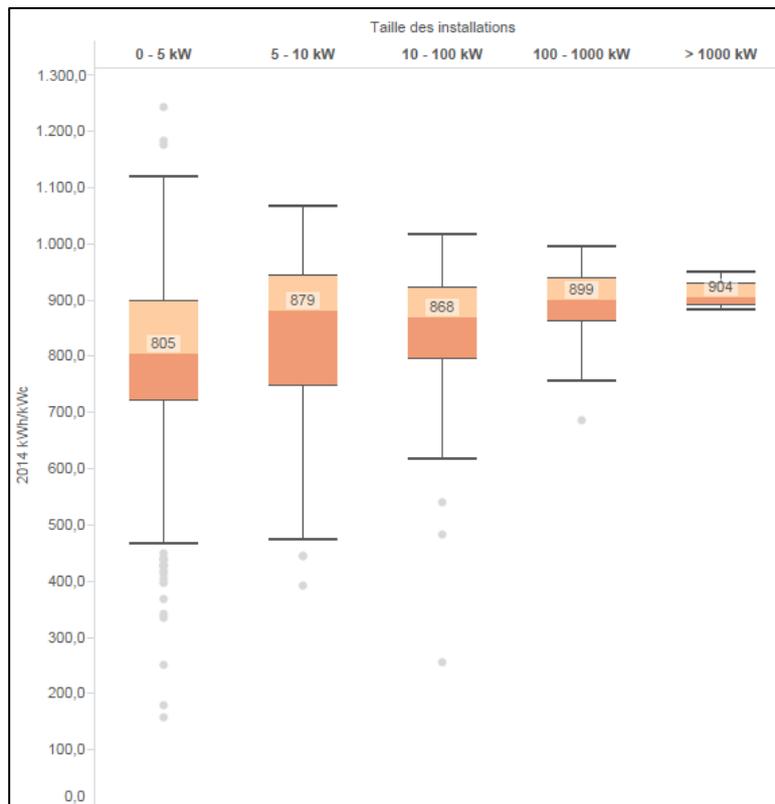
Pour rappel, les données ne concernent que l'année de production 2014 et n'ont donc pas été normalisées pour tenir compte des conditions climatiques. Les résultats (médiane, quartiles et min/max) ne sont donc pas directement comparables à ceux de l'analyse par année de production présentée plus haut.

Le tableau ci-dessous reprend la taille de l'échantillon sur lequel l'analyse a été réalisée après application des filtres. Les installations de 0 à 5 kW sont les plus nombreuses mais celles pour lesquelles il manque la plus grande proportion de données. Un tiers de l'échantillon est néanmoins considéré comme représentatif.

Catégorie de puissance (kW)	0-5	5-10	10-100	100-1000	> 1000
Nombre d'installations analysées	889	122	70	56	8
% de l'échantillon total	34%	41%	46%	80%	55%

**Tableau 9 : Taille de l'échantillon pour l'analyse de productivité en 2014 par catégorie de puissance des installations**

<sup>23</sup> Cette conclusion reste valable également après application d'un facteur de normalisation tenant compte d'une dégradation moyenne linéaire de la productivité de -0,5%/an.



**Figure 9 : Productivité des installations PV en RBC en 2014 ventilée par catégorie de puissance**

L'analyse de la médiane permet de constater que plus la puissance installée augmente, plus la productivité augmente, passant d'une installation médiane d'environ 800 kWh/kWc pour les petites installations de 0-5 kW à près de 900 kWh/kWc pour les plus grandes installations d'une puissance supérieure à 100 kWc.

L'analyse des quartiles permet également de constater que la distribution des grandes installations a tendance à se resserrer significativement autour de la médiane tandis que la productivité des plus petites installations est très dispersée, avec 50% des installations situées entre 720 et 900 kWh/kWc.

Cette plus grande dispersion observée pour les petites installations domestiques peut probablement s'expliquer par les contraintes d'orientation et d'inclinaison des toitures des immeubles résidentiels qui ne sont pas nécessairement optimales en termes d'exposition et offrent peu de marges de manœuvre lors de l'installation ; contraintes auxquelles peuvent venir s'ajouter plus fréquemment des effets d'ombrage vu la densité de l'habitat bruxellois. A contrario, les installations de taille plus importante sont généralement situées dans des entreprises où il est possible d'atteindre une exposition optimale des panneaux (toiture plate, espace disponible sans ombrage, etc.). En outre, les grandes installations font généralement l'objet d'un suivi plus poussé qui permet d'optimiser la production et d'intervenir rapidement en cas de défaillance.

## 5.2 Evolution de la performance des installations

*Principales leçons de l'indicateur :*

Un peu moins de deux tiers des installations du parc bruxellois atteignent une performance de qualité.

Les installations mises en service en 2013 et les installations de grandes tailles sont nettement plus performantes que le reste du parc.

*Définition et segmentations de l'indicateur :*

Pour calculer la performance d'une installation photovoltaïque, on compare sa productivité à la productivité d'une installation de référence exposée de manière optimale (Sud, 35° sans ombrage). L'installation de référence sélectionnée pour notre analyse est une installation monitorée par l'APERRE, orienté sud, avec une inclinaison de 35°C, située dans la commune d'Uccle et sans ombrage<sup>24</sup>.

$$\% \text{ performance} = \frac{\text{Productivité de l'installation}}{\text{Productivité de l'installation de référence}}$$

Une installation sera qualifiée conventionnellement « d'installation de qualité » si sa performance est supérieure à 75%<sup>25</sup>, c'est-à-dire si sa productivité est supérieure à 75% de la productivité de l'installation de référence.

L'évolution de la performance des installations photovoltaïques en Région Bruxelles Capitale a été analysée selon 3 dimensions :

- L'ensemble du parc de production en 2014
- L'année de mise en service (de 2011 à 2013)
- La catégorie de puissance ( ]0-5 kW] ; ]5-10 kW] ; ]10-100 kW] ; ]100-1000 kW] ; >1000 kW)

---

<sup>24</sup> Voir APERRE pour plus d'information (<http://www.meteo-renouvelable.be/Photovoltaïque/Historique>)

<sup>25</sup> Sur base des données fournies par PVGIS (<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>), une perte de plus 25% de la productivité ne devrait s'observer que pour une installation où l'orientation et l'inclinaison des panneaux s'écartent de manière déraisonnable des conditions optimales.

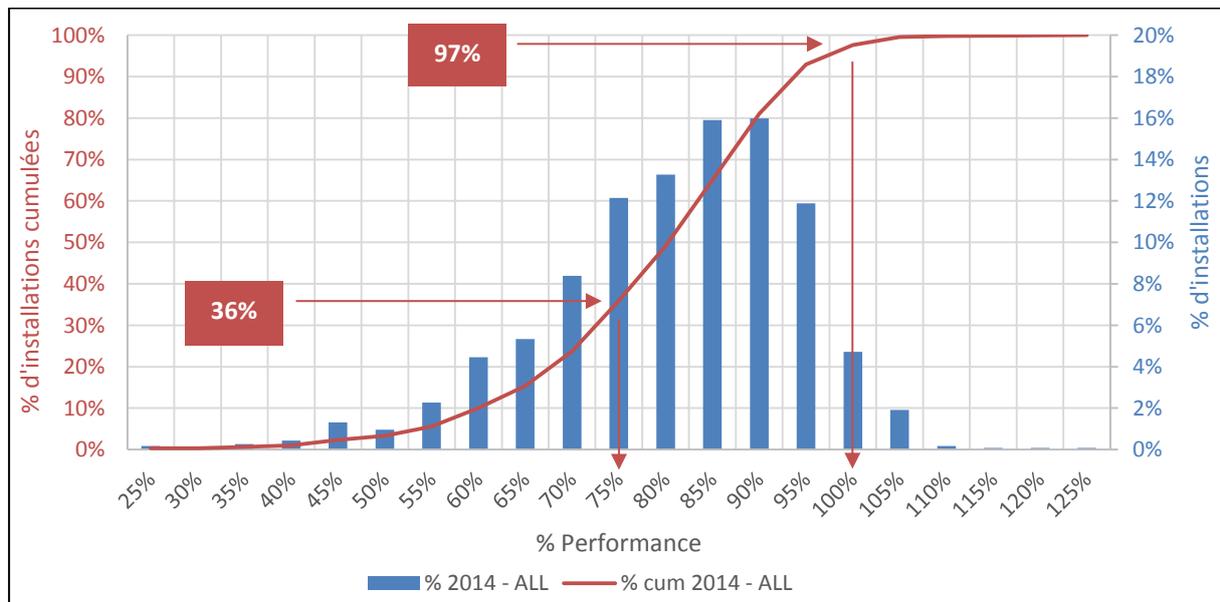
Résultats :

La figure 10 illustre la distribution des installations du parc de production 2014 en fonction de leur classe de performance<sup>26</sup>.

Le tableau ci-dessous reprend la taille de l'échantillon sur lequel l'analyse a été réalisée. A nouveau, un tiers des données sont analysées (après application des filtres), ce qui est considéré comme un échantillon représentatif.

Année de production	2014
Nombre d'installations analysées	1.145
% de l'échantillon total	36%

**Tableau 10 : Taille de l'échantillon pour l'analyse de la performance en 2014**



**Figure 10 : Courbe de distribution des installations PV en RBC en 2014 en fonction de leur performance**

On constate que **36%** des installations affichent une performance inférieure ou égale à 75%, la limite définie pour une installation de qualité.

On peut donc en déduire qu'un peu moins de **deux tiers** des installations du parc bruxellois actif en 2014 avait une productivité suffisante pour que l'installation soit **qualifiée d'installation de qualité**.

On constate également que moins de **3%** des installations ont un rendement supérieur à 100%, et dépassent ainsi la productivité de l'installation monitorée par l'APERÉ.

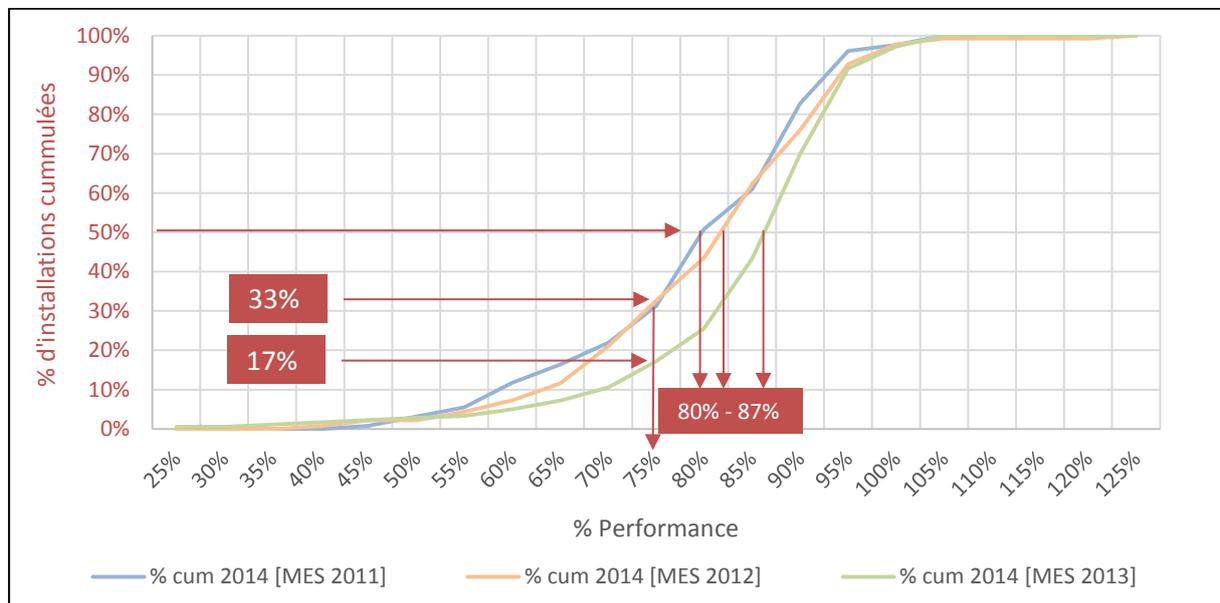
<sup>26</sup> Les données de performance ont été rassemblées par classe de performance avec un pas de 5% (classe 75% = [72,5% – 77,5%])

La figure 11 illustre la distribution des installations mises en service de 2012 à 2014 en fonction de leur classe de performance<sup>27</sup>.

Le tableau ci-dessous reprend la taille de l'échantillon sur lequel l'analyse a été réalisée après application des filtres.

Année de mise en service	2011	2012	2013
Nombre d'installations analysées	128	138	180
% de l'échantillon total	44%	33%	42%

**Tableau 11 : Taille de l'échantillon pour l'analyse de la performance en 2014 par année de mise en service**



**Figure 11 : Courbe de distribution des installations PV en RBC en 2014 en fonction de leur performance pour les 3 dernières années de mise en service**

On constate que **33%** des installations mises en service en 2011 et 2012 ont un rendement inférieur ou égal à 75%, la limite définie pour une installation de qualité, contre **17%** pour l'année 2014.

On constate également que la performance de l'installation médiane s'améliore légèrement d'année en année, avec **50%** des installations ayant une performance inférieure ou égale à 80% pour les installations mises en service en 2011, 82% pour 2012 et 87% pour 2013.

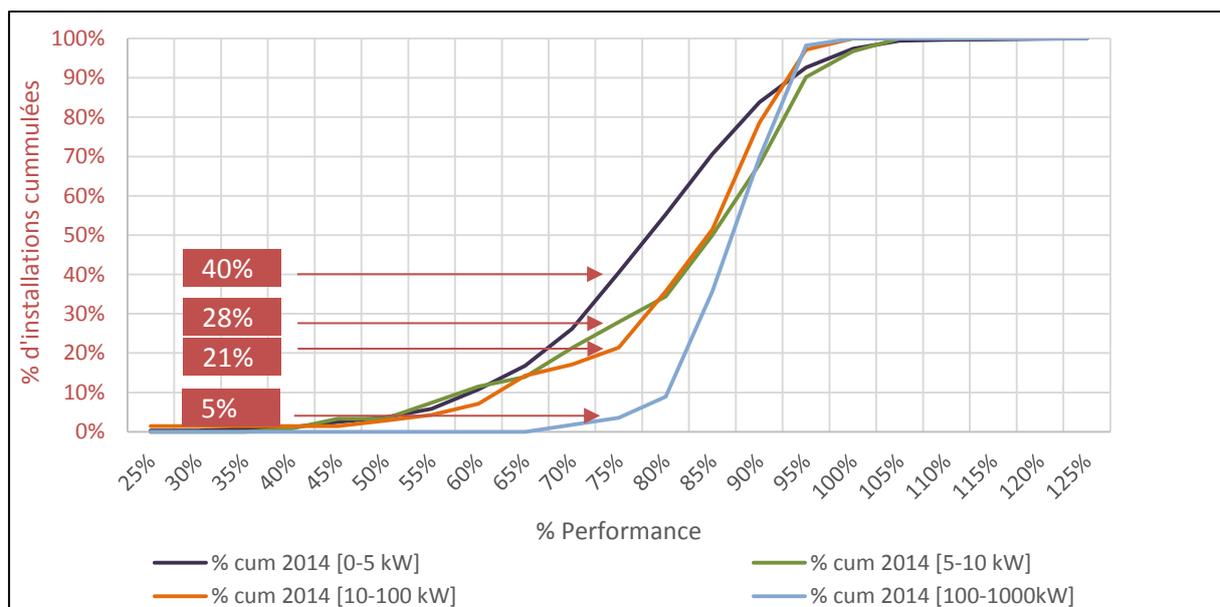
<sup>27</sup> Les données de performance ont été rassemblées par classe de performance avec un pas de 5% (classe 75% = [72,5% – 77,5%])

La figure 12 illustre la distribution des installations du parc de production 2014 en fonction de leur catégorie de performance pour 4 catégories de puissance des installations : ]0-5 kW] ; ]5-10 kW] ; ]10-100 kW] ; ]100-1000 kW].

Le tableau ci-dessous reprend la taille de l'échantillon sur lequel l'analyse a été réalisée après application des filtres.

Catégorie de puissance (kW)	0-5	5-10	10-100	100-1000
Nombre d'installations analysées	889	122	70	56
% de l'échantillon total	34%	41%	46%	80%

**Tableau 12 : Taille de l'échantillon pour l'analyse de la performance en 2014 par catégorie de puissance**



**Figure 12 : Courbe de distribution des installations PV en RBC en 2014 en fonction de leur performance par catégorie de puissance des installations**

On constate que **95%** des installations > 100 kWc affichent une performance de qualité. Pour les plus petites installations, on constate que respectivement **40%** des installations de 0-5 kW, **28%** pour les 5-10 kW et **21%** pour les 10-100 kW ont une performance en-dessous du seuil minimum de qualité.

## 6 Prix des installations

L'analyse des prix pratiqués sur le marché bruxellois sur la période 2012-2014 présentée ci-dessous, complète l'analyse des prix réalisée annuellement par BRUGEL dans le cadre de l'actualisation des paramètres économiques utilisés dans la formule de calcul pour le coefficient multiplicateur appliqué au nombre de CV octroyés aux installations photovoltaïques<sup>28</sup>.

La présente analyse vise à quantifier l'impact des différents facteurs pouvant influencer le coût total d'une installation photovoltaïque sur base des informations contenues dans la base de données de BRUGEL : année de mise en service, puissance de l'installation, pays d'origine du fabricant de panneaux et technologie (puissance spécifique du panneau en Wc/m<sup>2</sup>).

*Principales leçons de l'indicateur :*

Les prix ont diminué de 30% entre 2012 et 2014.

Les effets d'échelle sont bien marqués. Les grandes installations (100-1000 kW) sont en moyenne près de 2 fois moins chères par kWc que les petites (0-5 kW).

Le prix médian d'une installation avec panneaux fabriqués en Chine est 30% plus faible que celui d'une installation avec panneaux fabriqués aux Etats-Unis.

Il n'existe pas de corrélation significative entre le prix et le rendement des panneaux.

*Définition et segmentations appliquées :*

Les prix renseignés dans la banque de données sont supposés couvrir l'ensemble des coûts du projet et aucune correction n'est apportée à ceux-ci pour tenir compte d'éventuels surcoûts non renseignés dans le dossier introduit auprès de Brugel. Tous les prix mentionnés s'entendent TVAC.

Les segmentations appliquées pour chaque facteur retenu sont les suivantes :

- L'année de mise en service : de 2012 à 2014 <sup>29</sup>
- La catégorie de puissance ( ]0-5 kW] ; ]5-10 kW] ; ]10-100 kW] ; ]100-1000 kW] ; >1000 kW)
- Le pays d'origine des panneaux : top 4 (Chine, Etats-Unis, Japon, Singapour)<sup>30</sup>
- La technologie : faible, moyen et haut rendement<sup>31</sup>

---

<sup>28</sup> Voir propositions BRUGEL 20141219-13 ; 20130318-11, 20120622-08 ; 20110909-06

<sup>29</sup> Les données sur le prix des installations n'ont été collectées de façon systématique que depuis l'année de mise en service 2012.

<sup>30</sup> Seuls les résultats sur le top 4 des pays d'origine sont présentés ici. Les autres pays d'origine ne présentent pas d'échantillons représentatifs sur les 3 années analysées.

<sup>31</sup> Pour rappel, la technologie a été définie sur base du rendement des panneaux : module faible rendement: ≤ 125 Wc/m<sup>2</sup> ; module moyen rendement: > 125 et ≤ 175 Wc/m<sup>2</sup> ; module haut rendement : > 175 et ≤ 215 Wc/m<sup>2</sup>.

## 6.1 Evolution des prix sur la période 2012-2014

*Echantillon analysé :*

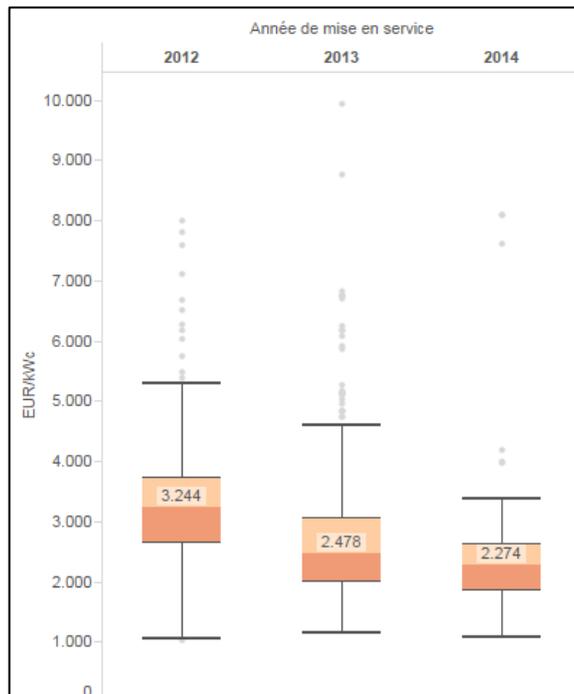
Le tableau ci-dessous reprend les informations relatives à la taille de l'échantillon sur lequel l'analyse a été réalisée après application des filtres ainsi que sa représentativité par rapport à l'ensemble du parc photovoltaïque mis en service sur la période 2012-2014. On constate que l'on conserve une bonne représentativité après application des filtres.

Année de mise en service	2012	2013	2014	2012-2014
Nombre d'installations analysées	361	390	84	835
% du nombre total d'installations	86%	91%	86%	88%

**Tableau 13 : Taille et représentativité de l'échantillon**

*Résultat :*

La figure suivante illustre la distribution du prix des installations (EUR/kWc) obtenue.



**Figure 13 : Prix des installations sur la période 2012-2014 (EUR/kWc)**

L'analyse de la médiane permet de constater que le prix total des installations (TVAC) diminue entre 2012 et 2014, passant de 3.244 EUR/kWc à 2.274 EUR/kWc. L'échantillon de données se resserre autour de cette médiane en 2014. L'analyse des quartiles permet également de constater que 50% des installations ont coûté en 2014 entre 1.850 et 2.620 EUR/kWc.

## 6.2 Evolution du prix en fonction de la puissance installée

Echantillon analysé :

Le tableau ci-dessous reprend la taille de l'échantillon sur lequel l'analyse a été réalisée après application des filtres. La représentativité de l'échantillon se dégrade pour les puissances supérieures à 100 kWc. Cette dégradation est principalement due au manque d'information sur le prix pour un nombre important d'installations. Le nombre d'installations de la catégorie 100-1000 kWc reste toutefois suffisant pour obtenir des résultats significatifs. La catégorie > 1.000 kWc n'a pas été reprise dans nos analyses car les quelques données disponibles montraient trop d'incohérence (dispersion élevée des prix pour un échantillon limité) et les spécificités éventuelles de ces projets qui justifieraient un prix anormalement élevé ou faible devraient faire l'objet d'une analyse complémentaire qui sort du cadre de cette étude.

Catégorie de puissance (kW)	0-5	5-10	10-100	100-1000	> 1000	Total (2012-2014)
Nombre d'installations analysées	530	162	96	42	5	835
% du nombre total d'installations	90%	93%	88%	65%	56%	88%

Tableau 14 : Taille et représentativité de l'échantillon

Résultats :

La figure ci-dessous illustre la distribution du prix des installations (EUR/kWc) en fonction de la catégorie de puissance des installations : ]0-5 kW] ; ]5-10 kW] ; ]10-100 kW] ; ]100-1000 kW].

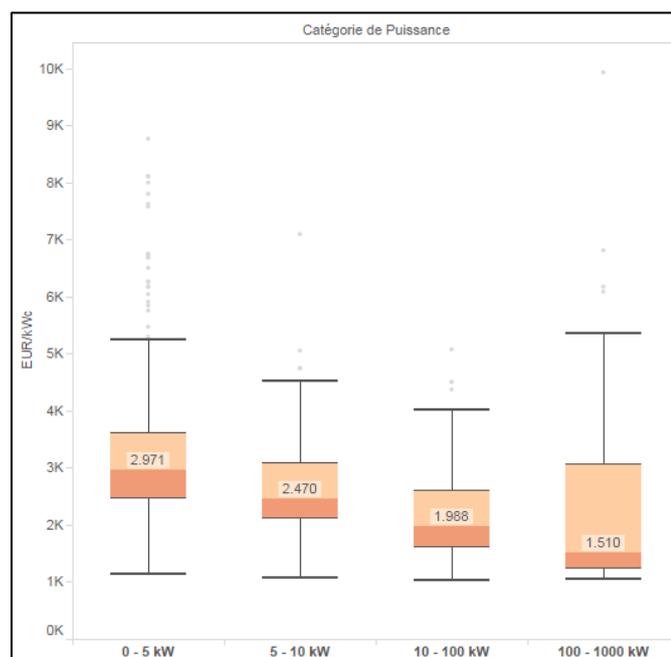
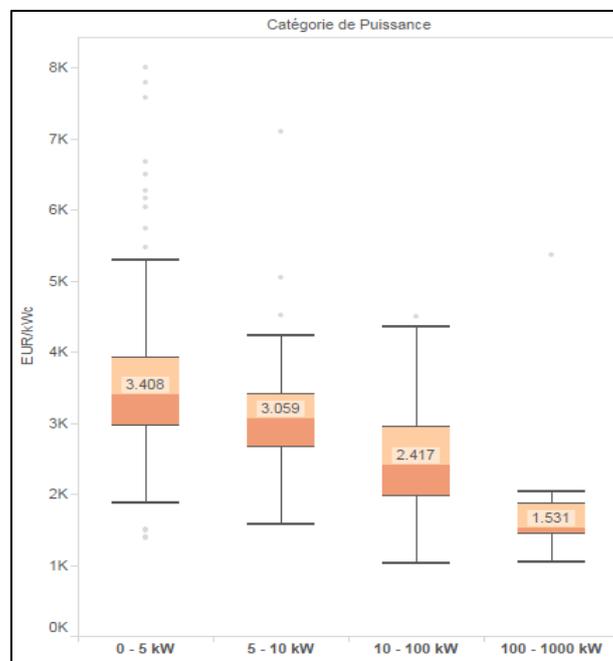


Figure 14 : Prix des installations par catégorie de puissance des installations (EUR/kWc)

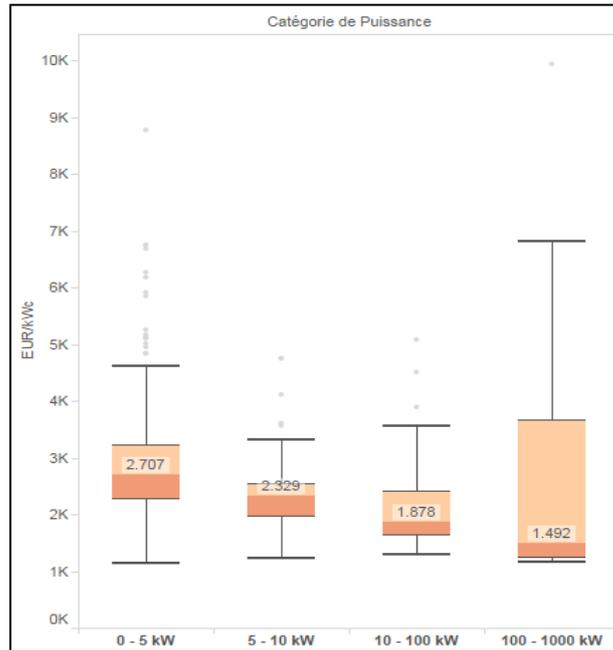
L'analyse de la médiane permet de constater que le prix diminue avec l'augmentation de la taille des installations, passant d'un prix médian d'environ 2.971 EUR/kWc pour les petites installations de 0-5 kW à près de 1.500 EUR/kWc pour les grandes installations de 100-1000 kW.

L'analyse des quartiles permet également de constater que la distribution des installations de 10-100 kW a tendance à se resserrer autour de la médiane tandis que le prix par kWc des installations de 100-1000 kW est très dispersé, avec 50% des installations situées entre 1.230 et 3.065 EUR/kWc. Il serait pertinent d'analyser plus en détails les spécificités éventuelles de ces projets qui expliqueraient un prix plus élevé.

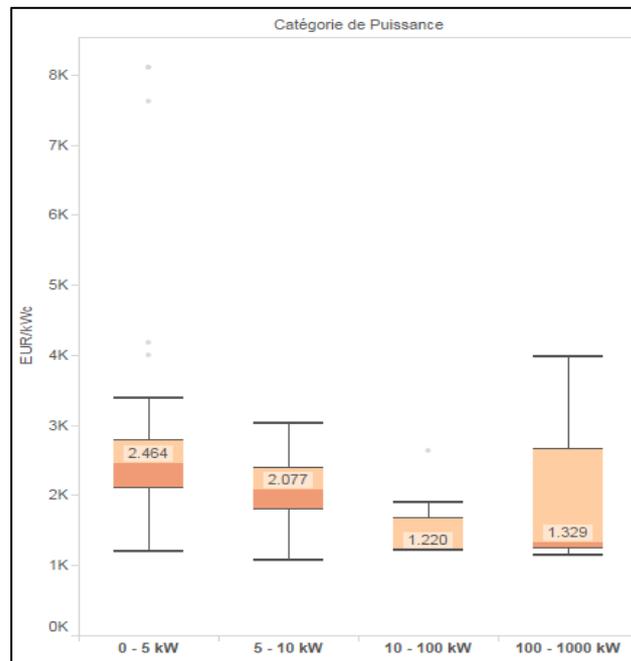
Les figures suivantes illustrent la distribution du prix des installations (EUR/kWc) en fonction de la catégorie de puissance des installations pour chaque année de mise en service analysée (2012, 2013 et 2014). Si la tendance de baisse des prix par kWc est respectée d'année en année, la dispersion de la distribution du prix par kWc des installations de 100-1000 kW est plus élevée pour les années 2013 et 2014 que pour l'année 2012.



**Figure 15 : Prix des installations par catégorie de puissance (EUR/kWc) – année 2012**



**Figure 16 : Prix des installations par catégorie de puissance (EUR/kWc) – année 2013**



**Figure 17 : Prix des installations par catégorie de puissance (EUR/kWc) – année 2014**

### 6.3 Vérification des effets d'échelle

Les analyses précédentes indiquant clairement une diminution du prix des installations en fonction de la puissance installée, une estimation de l'effet d'échelle est réalisée distinctement pour chaque année (2012, 2013 et 2014). Cette analyse se limite toutefois aux catégories de puissance inférieures à 100 kWc en raison de la moindre représentativité des catégories supérieures (cf. supra) pour ce type d'exercice.

Les effets d'échelle sont typiquement caractérisés par une loi de puissance. La figure ci-dessous illustre la bonne corrélation obtenue avec une loi de puissance pour les années 2012 (coefficient de détermination de 89%) et 2013 (coefficient de détermination de 87%) et dans une moindre mesure pur l'année 2014 qui est caractérisée par un échantillon beaucoup plus limité (coefficient de détermination de 82%).

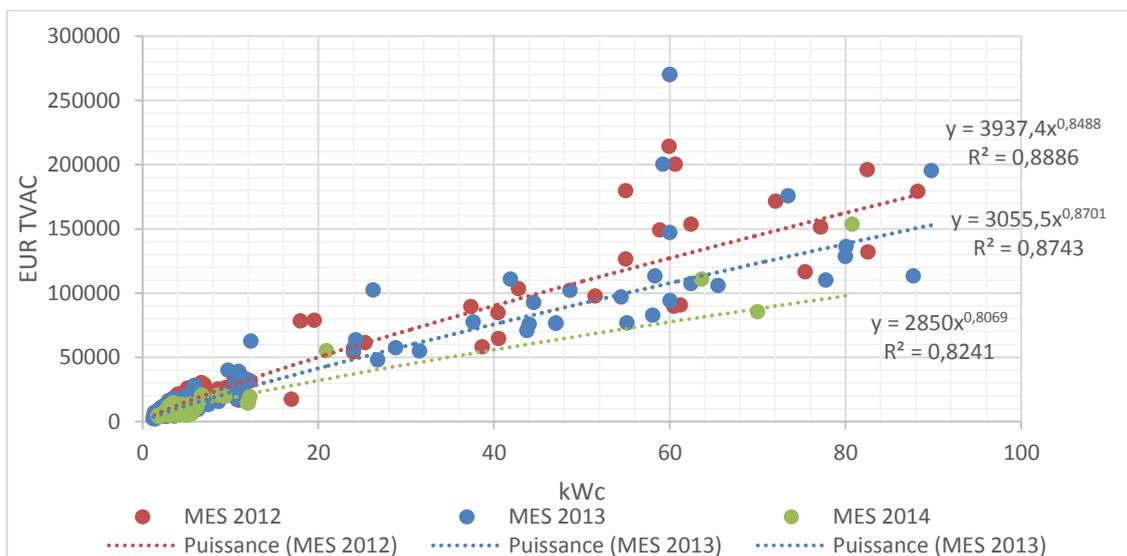


Figure 18 : Prix des installations PV en fonction de la puissance installée

Les lois d'échelle obtenues sont illustrées à la figure ci-dessous.

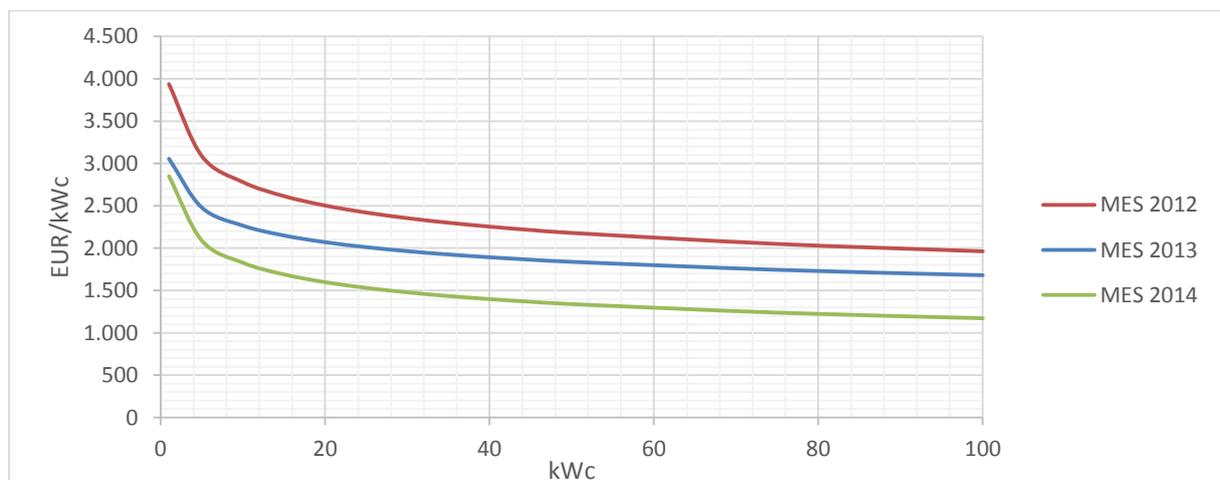


Figure 19 : Lois d'échelle obtenues pour les installations de puissance ]0-100 kWc]

## 6.4 Evolution du prix en fonction de l'origine des panneaux

Echantillon analysé :

Le tableau ci-dessous reprend la taille de l'échantillon sur lequel l'analyse a été réalisée après application des filtres. A nouveau, le filtrage principal est dû au manque d'information sur le prix pour certaines installations.

Origine des panneaux	Chine	Etats-Unis	Japon	Singapour
Nombre d'installations analysées	134	275	38	33
% de l'échantillon total	84%	92%	88%	94%

Tableau 15 : Taille et représentativité de l'échantillon

Résultats :

La figure ci-dessous illustre les caractéristiques de la distribution du prix des installations (EUR/kWc) en fonction du pays d'origine de fabrication des panneaux.

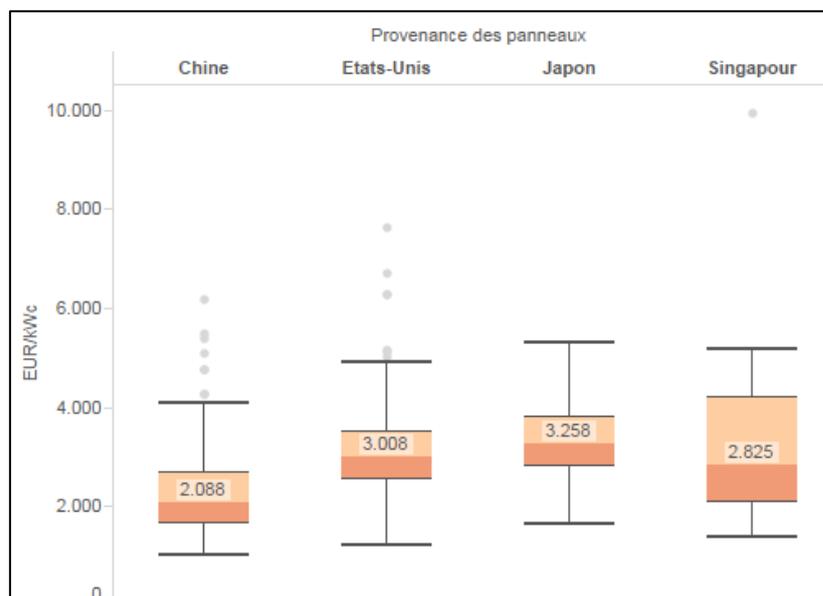


Figure 20 : Prix des installations par pays d'origine des panneaux (EUR/kWc)

L'analyse de la médiane permet de constater des différences de prix significatives entre les différents pays d'origine des panneaux. Le prix médian d'une installation avec panneaux fabriqués en Chine est 50% plus faible que celui d'une installation avec panneaux fabriqués aux Etats-Unis, et 55% plus faible que celui d'une installation avec panneaux fabriqués au Japon.

L'analyse des quartiles permet également de constater que la distribution des prix est relativement équilibrée entre les panneaux d'origine chinoise, américaine et japonaise (l'écart entre les installations

au prix le plus élevé et le plus faible est relativement constant). La distribution des prix des installations avec panneaux originaire de Singapour affiche une distribution plus étendue qui ne permet cependant pas d'en déduire une conclusion pertinente.

Il est important à ce stade de souligner que des effets de corrélations peuvent exister entre les facteurs étudiés précédemment (année de mise en service et catégorie de puissance) et le facteur d'origine des panneaux. Cette analyse n'a toutefois pas été réalisée dans le cadre de cette étude.

## 6.5 Evolution du prix en fonction de la technologie

Echantillon analysé :

Le tableau ci-dessous reprend la taille de l'échantillon sur lequel l'analyse a été réalisée après application des filtres. La taille de l'échantillon de la catégorie « Faible rendement » est insuffisante pour que celui-ci soit représentatif. Seules les catégories « Moyen rendement » et « Haut rendement » seront donc analysées.

Technologie	Faible rendement	Moyen rendement	Haut rendement
Nombre d'installations analysées	27	457	335
% de l'échantillon total	82%	86%	92%

Tableau 16 : Taille et représentativité de l'échantillon

Résultats :

La figure suivante illustre la distribution du prix des installations (EUR/kWc) en fonction des deux types de technologie des panneaux retenues.

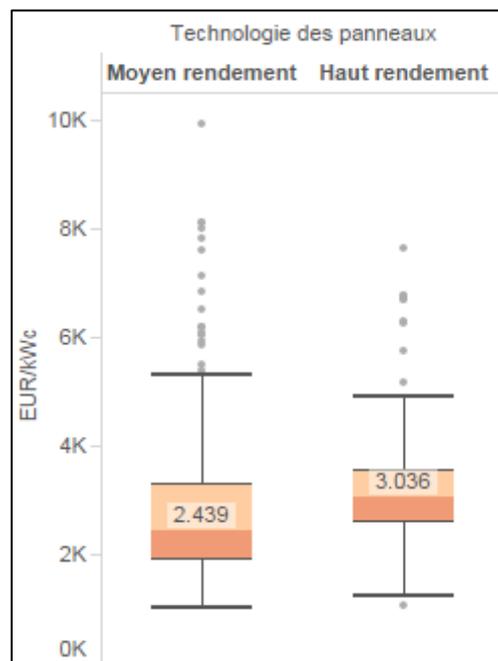


Figure 21 : Prix des installations PV en RBC en fonction du type de technologie (EUR/kWc)

L'analyse de la médiane permet de constater une différence de prix entre la catégorie « Moyen rendement » et la catégorie « Haut rendement » pour les panneaux utilisés en RBC, l'installation médiane passant de 2.440 EUR/kWc à plus de 3.000 EUR/kWc. L'analyse des quartiles indique toutefois que cet écart est faible, le quartile supérieur des « Moyen rendement » étant plus élevé que la médiane des « Haut rendement ». L'analyse ne permet donc pas de mettre en évidence une corrélation significative entre le prix des installations et le type de technologie.

## 7 Niveau d'autonomie

La rentabilité d'une installation photovoltaïque dépendant non seulement de la valorisation financière de l'électricité produite (autoconsommation ou vente sur le réseau) mais également des primes, certificats verts et autres incitants, Lorsque ces derniers deviennent trop généreux, on ne peut exclure l'émergence d'installations surdimensionnées par rapport aux besoins locaux en électricité en vue de maximiser l'utilisation de la surface disponible pour le placement de panneaux.

La comparaison entre la quantité annuelle produite par une installation photovoltaïque et les besoins annuels en électricité du lieu où elle a été implantée permet d'indiquer si globalement l'installation a été surdimensionnée ou non.

*Principales leçons de l'indicateur :*

**Plus de 90% des installations produisent annuellement moins d'électricité que les besoins annuels locaux en électricité du lieu où elles ont été implantées.**

*Définition et segmentations de l'indicateur :*

L'indicateur compare la production d'électricité de l'installation telle que mesurée et enregistrée dans la banque de données BRUGEL pour une année donnée aux besoins annuels en électricité, estimés sur base de l'EAV (« Estimated Annual Value ») enregistré par le gestionnaire de réseau de distribution avant la mise en service de l'installation :

$$\% \text{ autonomie} = \text{Production PV (kWh/an)} / \text{EAV avant mise en service (kWh/an)}$$

*Echantillon analysé :*

L'analyse présentée se base sur les données de production d'électricité de l'année 2014.

Afin de disposer de données de production couvrant l'entièreté de l'année, seules les installations mises en service avant le 1<sup>er</sup> janvier 2014 sont prises en considération. En outre, parmi ces installations, seules sont prises en compte celles pour lesquelles des relevés de production couvrant l'entièreté de l'année 2014 ont été transmis à BRUGEL au 30 juin 2015.

Au final, après application des différents filtres, l'échantillon est composé de 746 installations, soit 24% des installations du parc photovoltaïque. Cette valeur relativement faible est toutefois jugée suffisamment représentative du parc photovoltaïque bruxellois dans le cadre de cette première étude.

L'analyse des raisons ayant amené à l'exclusion des données non pertinentes montre que c'est principalement le manque d'informations sur les relevés de production en 2014 qui explique la réduction de la taille de l'échantillon<sup>32</sup>. Il existe également un nombre important d'installations pour lequel l'EAV communiqué est inférieur à 1.000 kWh. Ces installations ont été également exclues car leur consommation est jugée non-pertinente dans le cadre de cette analyse.

---

<sup>32</sup> Pour rappel, au moment de l'analyse, un certain nombre des installations du parc bruxellois n'avaient pas encore transmis leurs index de production pour la fin de l'année 2014. Ces installations ont donc été exclues de l'analyse car il n'était pas possible d'extrapoler les données reçues au reste de l'année.

Résultats :

La figure suivante présente la distribution des installations en fonction de leur niveau d'autonomie.

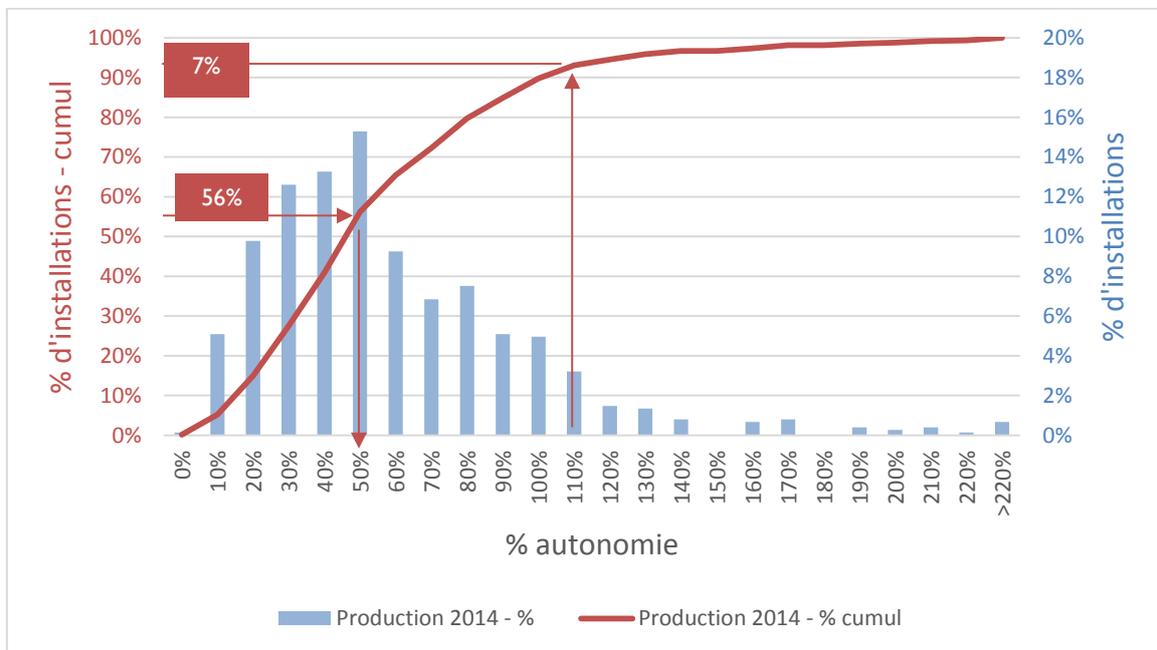


Figure 22 : Distribution des installations en fonction de leur niveau d'autonomie<sup>33</sup>

On constate que **56%** des installations ont un niveau d'autonomie inférieur ou égal à 50% et seulement **7%** ont un niveau d'autonomie supérieur à 100% (surdimensionnement).

Le tableau ci-dessous reprend la distribution des installations. Le niveau d'autonomie médian est de 50% et la moitié des installations ont un niveau se situant entre 33% et 79% d'autonomie.

<b>Nombre d'installations</b>	<b>746</b>
% de l'échantillon total	24%
Min	4%
1st quartile	33%
<b>Médiane</b>	<b>50%</b>
3rd quartile	79%
Max	384%

Tableau 17 : Taille et distribution de l'échantillon

Les résultats obtenus ne diffèrent pas significativement en fonction de la catégorie de puissance ou du type de titulaire considéré.

<sup>33</sup> Les données ont été rassemblées par catégorie d'autonomie sur base de leur valeur arrondie (catégorie 50% = [45% – 55%])

## 8 Taux d'autoconsommation

La promotion de l'autoconsommation de l'électricité produite par les installations décentralisées semble être au cœur des politiques de redéveloppement du photovoltaïque en Europe<sup>34</sup>. Il convient par conséquent de suivre avec attention l'évolution du taux d'autoconsommation des installations photovoltaïques bruxelloises.

La présente analyse du taux d'autoconsommation a pour objectif d'estimer les quantités d'électricité produites par les installations photovoltaïques bruxelloises qui sont consommées instantanément sur le lieu de leur production sans passer par le réseau.

*Principale leçons de l'indicateur :*

**Un tiers des installations présente un taux d'autoconsommation supérieur à 50%. La moyenne du parc est située à 58,7% d'autoconsommation.**

*Définition et segmentations de l'indicateur :*

L'indicateur compare la quantité annuelle d'électricité produite et instantanément autoconsommée, calculée sur base des données de production et de réinjection de chaque installation<sup>35</sup>, à la quantité d'électricité totale produite sur la même année.

$$\% \text{ autoconsommation} = (\text{Production (kWh)} - \text{Réinjection (kWh)}) / \text{Production (kWh)}$$

Deux facteurs pouvant influencer le taux d'autoconsommation ont été analysés :

- La catégorie de puissance ([0-5 kW] ; ]5-10 kW] ; ]10-100 kW] ; ]100-1000 kW] ; >1000 kW)
- Le type de titulaire (Particulier / Entreprise Publique / Entreprise Privée)

*Echantillon analysé :*

L'analyse présentée se base sur les relevés annuels réalisés par le gestionnaire de réseau de distribution en 2014 et couvrent par conséquent des périodes à cheval sur les années 2013 et 2014.

Seules les installations pour lesquelles des relevés de production étaient disponibles pour la période couverte par les relevés fournis par le gestionnaire de réseau de distribution ont été retenues pour notre analyse.

Au final, après application des différents filtres, l'échantillon est composé de 1.268 installations, soit 40% des installations du parc photovoltaïque. Cette valeur est jugée suffisamment représentative du parc photovoltaïque bruxellois dans le cadre de cette première étude.

---

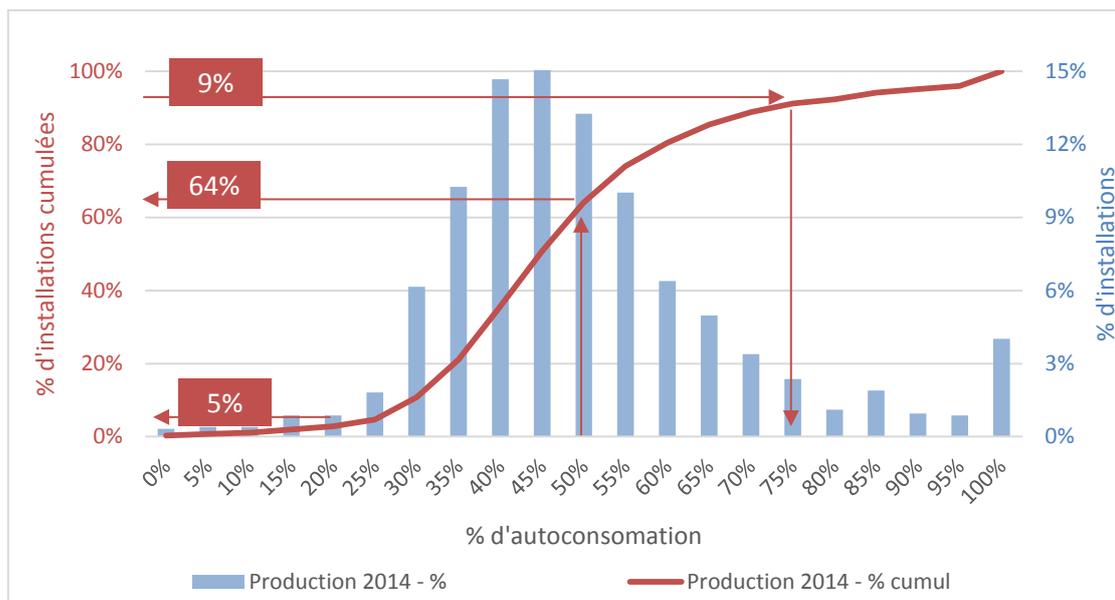
<sup>34</sup> Voir notamment European Commission, *Best practices on Renewable Energy Self-consumption*, SWD(2015) 141 final

<sup>35</sup> Les données de réinjection ont été transmises par le gestionnaire de réseau de distribution pour l'ensemble des installations disposant d'un compteur bidirectionnel (compteur « A+A- »).

L'analyse des raisons ayant amené à l'exclusion des données non pertinentes montre que c'est principalement le manque d'informations sur les relevés de production en 2014 qui explique la réduction de la taille de l'échantillon<sup>36</sup>. Il existe cependant également un nombre important d'installations pour lequel le taux d'autoconsommation calculé s'avérait négatif et donc non-cohérent.

### Résultats

La figure ci-dessous illustre la distribution des installations du parc de production 2014 en fonction de leur classe d'autoconsommation<sup>37</sup>.



**Figure 23 : Distribution des installations en fonction de leur autoconsommation**

On constate que **64%** des installations ont un taux d'autoconsommation inférieur ou égal à 50%. Plus de **9%** ont un taux d'autoconsommation supérieur à 75% et **5%** inférieur ou égal à 25%.

Le tableau ci-dessous reprend le profil de la distribution des installations. Le taux d'autoconsommation médian est de 47% et la moitié des installations ont un taux se situant entre 39% et 58%.

<sup>36</sup> Pour rappel, au moment de l'analyse, un certain nombre des installations du parc bruxellois n'avaient pas encore transmis leurs index de production pour la fin de l'année 2014. Ces installations ont donc été exclues de l'analyse car il n'était pas possible d'extrapoler les données reçues au reste de l'année.

<sup>37</sup> Les données ont été rassemblées par catégorie d'autoconsommation sur base de leur valeur arrondie (catégorie 50% = [47,5% – 52,5%])

<b>Nombre d'installations</b>	<b>1.268</b>
% de l'échantillon total	40%
Min	0%
1st quartile	39%
<b>Médiane</b>	<b>47%</b>
3rd quartile	58%
Max	100%

**Tableau 18 : Taille et distribution de l'échantillon**

La moyenne globale de l'autoconsommation du parc PV bruxellois (Autoconsommation totale / Production totale) est estimée à 58,7%.

<b>Autoconsommation moyenne du parc PV</b>	<b>58,7%</b>
--	--------------

**Tableau 19 : Autoconsommation moyenne de l'ensemble du parc PV en RBC**

Cette valeur élevée de 58,7% pour le parc bruxellois peut a priori s'expliquer par la part relativement importante, en termes de puissance installée, des installations de plus de 5 kW (cf. Tableau 1 : 85% de la puissance installée). Ces installations ne bénéficiant pas du principe de compensation, les producteurs visent naturellement à maximiser la valorisation financière de l'électricité produite localement en l'autoconsommant au maximum. Selon la Commission européenne, on observe généralement un taux situé entre 50% et 80% pour les installations non résidentielles<sup>38</sup>.

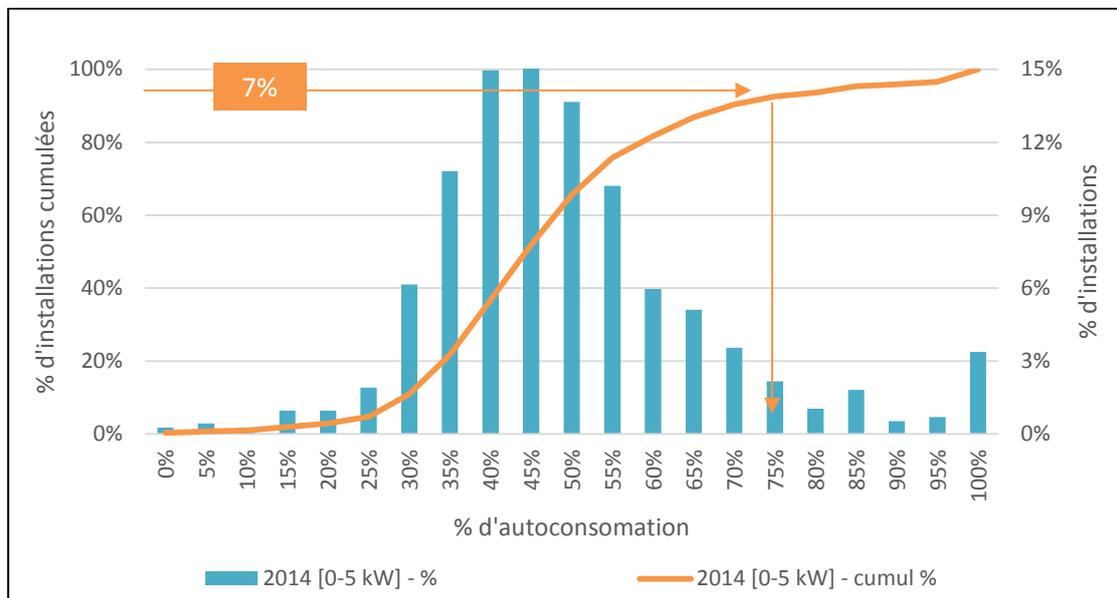
L'analyse du Tableau 18 montre toutefois que 75% des installations ont un taux d'autoconsommation supérieur à 39%, dont un grand nombre d'installations d'une puissance inférieure à 5 kW qui n'ont jusqu'à présent pas d'incitant à autoconsommer l'électricité produite en raison du principe de compensation. Un tel niveau d'autoconsommation est considéré comme élevé pour des installations domestiques où l'on considère généralement une valeur de 30%<sup>38</sup>.

Pour approfondir cette analyse, l'autoconsommation a été calculée par catégorie de puissance et par type de client.

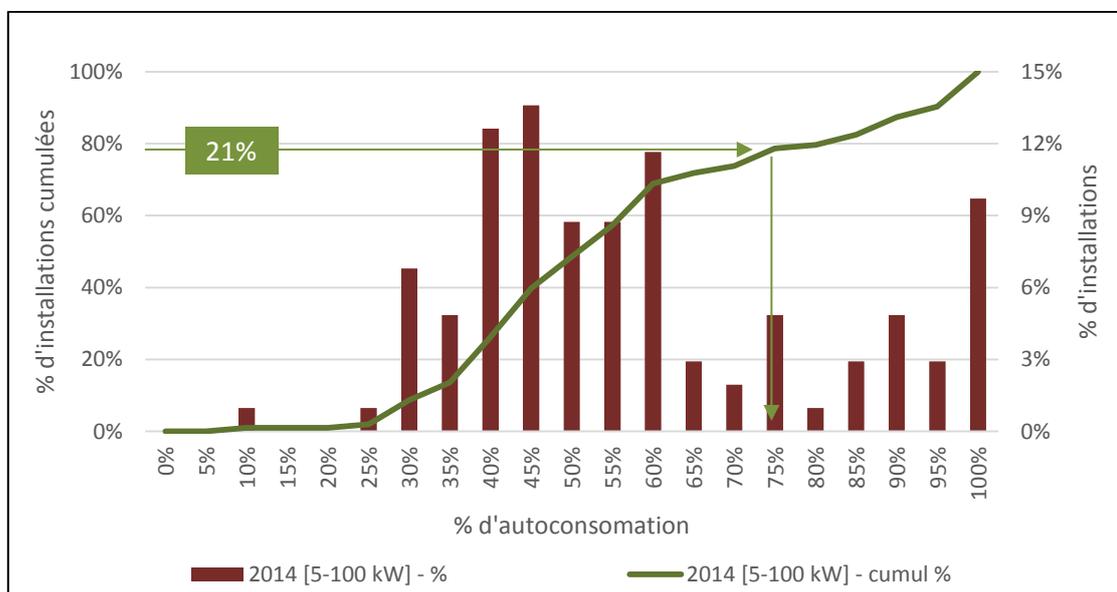
---

<sup>38</sup> Voir European Commission, *Best practices on Renewable Energy Self-consumption*, SWD(2015) 141 final

Les figures ci-dessous illustrent la distribution des installations du parc de production 2014 en fonction de leur classe d'autoconsommation pour les catégories de puissance 0-5 kWc et 5-100 kWc. Les catégories supérieures à 100 kW ne sont pas représentées par un nombre suffisant d'installations et n'ont donc pas été intégrées à l'analyse.



**Figure 24 : Distribution des installations en fonction de leur autoconsommation pour la catégorie 0-5kW**



**Figure 25 : Distribution des installations en fonction de leur autoconsommation pour la catégorie 5-100 kW**

On constate que la distribution des installations de 0 à 5 kW est très similaire à la distribution générale (vu que la grande majorité des installations est située dans cette catégorie). La distribution des installations de 5 à 100 kW est moins lissée mais permet tout de même de constater que plus d'installation ont des valeurs élevées d'autoconsommation. Ainsi, les figures 24 et 25 illustrent qu'environ **7%** des installations de 0 à 5 kW ont un taux d'autoconsommation supérieur à 75% et que ce résultats monte à **21%** pour les installations de 5 à 100 kW.

Le tableau ci-dessous reprend le profil de la distribution des installations. Pour la catégorie 0-5 kW, le taux d'autoconsommation médian est de 47% et pour la catégorie de 5-100 kW, celui-ci est de 53%.

Catégorie de puissance (kW)	0 – 5	5 - 100
<b>Nombre d'installations</b>	<b>1.156</b>	<b>103</b>
<b>% de l'échantillon total</b>	<b>48%</b>	<b>23%</b>
Min	0%	8%
1st quartile	39%	42%
<b>Médiane</b>	<b>47%</b>	<b>53%</b>
3rd quartile	57%	74%
Max	100%	100%

**Tableau 20 : Taille et distribution de l'échantillon des 0-5 kW et 5-100 kW**

La moyenne globale de l'autoconsommation de l'ensemble des installations de 0 à 5 kW se situe à 49,2%. Pour les installations de 5 à 100 kW, elle se situe à 65,5%.

Catégorie de puissance (kW)	0 – 5	5 – 100
<b>Autoconsommation moyenne du parc PV</b>	<b>49,2 %</b>	<b>65,5 %</b>

**Tableau 21 : Autoconsommation moyenne des installations de 0-5 kW et de 5-100 kW**

Cette analyse confirme d'une part l'obtention de taux d'autoconsommation plus élevés pour les installations de plus de 5 kW, installations qui ne bénéficient pas du principe de compensation et qui sont par conséquent incitées à maximiser l'autoconsommation. Les niveaux observés pour les installations de plus de 5 kW sont comparables à ceux observés dans les autres pays européens pour des installations non résidentielles (cf. supra). Les niveaux observés pour les installations bénéficiant du principe de compensation (pour la plupart résidentielles) sont par contre plus élevés qu'attendus. Des analyses complémentaires seraient utiles afin de déterminer les raisons permettant d'expliquer ces résultats qui diffèrent significativement des valeurs généralement annoncées pour le secteur résidentiel.

L'analyse par type de client n'apporte pas d'éléments réellement complémentaires par rapport à l'analyse par catégorie de puissance. En effet, sachant que 90% des installations de moins de 5 kW appartiennent à des particuliers et que 96% des installations de plus de 10 kW appartiennent à des entreprises<sup>39</sup>, les résultats attendus pour ces 2 groupes sont très similaires à ceux par catégorie de puissance.

<sup>39</sup> Voir tableau I

Le tableau ci-dessous reprend les résultats par type de client et présente bien un profil de distribution des installations comparable au tableau 20. Pour les particuliers, le taux d'autoconsommation médian est de 46% et pour les entreprises privées, celui-ci est de 64%.

Type de client	Particuliers	Entreprises privées
<b>Nombre d'installations</b>	<b>1 170</b>	<b>96</b>
<b>% de l'échantillon total</b>	<b>47%</b>	<b>26%</b>
Min	0%	8%
1st quartile	39%	48%
<b>Médiane</b>	<b>46%</b>	<b>64%</b>
3rd quartile	56%	90%
Max	100%	100%

*Tableau 22 : Taille et distribution de l'échantillon des clients particuliers et privés*

La moyenne globale de l'autoconsommation de l'ensemble des installations des particuliers et des entreprises privées se situe à 48,5% et 65,4% respectivement.

Type de client	Particuliers	Entreprises privées
<b>Autoconsommation moyenne du parc PV</b>	<b>48,5 %</b>	<b>65,4 %</b>

*Tableau 23 : Autoconsommation moyenne des installations clients particuliers et privés*

## 9 Conclusions

Les analyses de la présente étude portent sur le parc photovoltaïque bruxellois au 31 décembre 2014. Cinq analyses spécifiques ont été identifiées comme particulièrement pertinentes pour comprendre l'évolution passée et future du parc photovoltaïque bruxellois. Elles ont pu être réalisées sur base des informations contenues dans la banque de données BRUGEL, croisées, pour certaines analyses, avec des données apportées par le GRD. Les cinq analyses retenues sont :

1. Type et origine du matériel installé
2. Productivité des installations
3. Prix des installations
4. Autonomie
5. Autoconsommation

L'analyse du type et de l'origine du matériel installé montre que le marché des panneaux est dispersé, les cinq marques les plus importantes concentrant ~50% du marché. En termes de puissance installée, le marché des panneaux est dominé par des panneaux de rendement moyen ( $> 125$  et  $\leq 175$  Wc/m<sup>2</sup>) et des panneaux fabriqués en Chine. Le marché des onduleurs est lui beaucoup plus concentré, cinq marques concentrant près de 90% du marché et deux marques représentant à elles seules près de 70% du marché.

La productivité du parc bruxellois s'améliore d'année en année. Cependant, les analyses démontrent qu'il reste une marge d'amélioration importante, la moitié des installations analysées les plus récentes affichant une productivité qui reste inférieure à 900 kWh/kWc. La comparaison de la productivité du parc bruxellois avec une installation de référence démontre qu'un peu moins de deux tiers des installations du parc bruxellois atteignent une performance de qualité. Les analyses soulignent toutefois que les installations récentes et les installations de grande taille affichent une performance nettement plus élevée que la moyenne.

L'analyse de l'évolution du prix total des installations démontre que les prix ont diminué de 30% entre 2012 et 2014. L'analyse par catégorie de puissance permet de souligner que les effets d'échelle sont bien marqués, les grandes installations (100-1000 kW) étant en moyenne près de 2 fois moins chères par kWc que les petites (0-5 kW). Les analyses des autres facteurs influençant les prix illustrent que, d'une part, le prix médian d'une installation avec panneaux fabriqués en Chine est 50% plus faible que celui d'une installation avec panneaux fabriqués aux Etats-Unis et que, d'autre part, il n'existe pas de corrélation significative entre le prix et le rendement des panneaux.

L'analyse des niveaux d'autonomie permet de conclure que plus de 90% des installations produisent (annuellement) moins d'électricité que les besoins (annuels) locaux en électricité du lieu où elles ont été implantées.

Au niveau du taux d'autoconsommation, il apparaît qu'un tiers des installations présente un niveau supérieur à 50%. La moyenne de l'autoconsommation de l'ensemble du parc bruxellois est estimée à près de 60%. Cette valeur élevée s'explique tout d'abord par la part relativement importante, en termes de puissance installée, des installations de plus de 5 kW qui ne bénéficient pas du principe de compensation et qui sont donc naturellement incitées à maximiser la valorisation financière de l'électricité produite localement, par le biais de l'autoconsommation. Par ailleurs, les niveaux d'autoconsommation observés pour les installations bénéficiant du principe de compensation (pour la plupart résidentielles) se situent à 47% en médiane et 49% en moyenne. Ces niveaux sont supérieurs aux valeurs généralement énoncées de 30 à 35%. Des analyses complémentaires seraient

utiles afin de déterminer les raisons permettant d'expliquer ces résultats pour les installations domestiques.

Il est important de préciser que l'étude réalisée avait un caractère exploratoire avec un périmètre limité par les données disponibles et exploitables. Les résultats présentés n'ont pas fait l'objet de consultations des acteurs du secteur et pourront être approfondis dans des analyses futures.

\* \*

\*