

Mémoire

Auteur : Joris, Guillaume

Promoteur(s) : Wouters, Anne; 2770

Faculté : Faculté des Sciences

Diplôme : Master en sciences et gestion de l'environnement, à finalité spécialisée

Année académique : 2023-2024

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/20820>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

ULiège - Faculté des Sciences - Département des Sciences et Gestion de l'Environnement

UNI.LU – Faculté des Sciences, de la Technologie et de la Communication

**L'INFLUENCE DE LA REGLEMENTATION WALLONNE RELATIVE AU MARCHE DES
PANNEAUX PHOTOVOLTAIQUES SUR LA CONSOMMATION ELECTRIQUE DES
PROPRIETAIRES D'UNE INSTALLATION DOMESTIQUE EN 2024**

GUILLAUME JORIS

MEMOIRE PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DES DIPLOMES DE

**MASTER EN SCIENCES ET GESTION DE L'ENVIRONNEMENT – FINALITE ENERGIES RENOUVELABLES ET BATIMENTS
DURABLES (ULIEGE)**

MASTER EN DEVELOPPEMENT DURABLE – FINALITE ENERGIE-ENVIRONNEMENT (UNI.LU)

ANNEE ACADEMIQUE 2023-2024

REDIGE SOUS LA DIRECTION DE ANNE WOUTERS (ULIEGE) ET FRANK SCHOLZEN (UNI.LU)

COMITE DE LECTURE :

STEPHANE MONFILS

JONAS LAMBERT

PHILIPPE ANDRE

Copyright

Toute reproduction du présent document, par quelque procédé que ce soit, ne peut être réalisée qu'avec l'autorisation de l'auteur et de l'autorité académique* de l'Université de Liège et de l'Université de Luxembourg

*L'autorité académique est représentée par le(s) promoteur(s) membre(s) du personnel enseignant de l'Université de Liège et de l'Université de Luxembourg
Le présent document n'engage que son auteur.

Auteur du présent document : JORIS Guillaume
Guillaumejoris1@hotmail.fr

Remerciements

En premier lieu, je tiens à remercier grandement ma promotrice, madame Anne Wouters. Grâce à ses conseils dès la première année de mon master, j'ai appris à rédiger et à structurer efficacement mes travaux et à adopter une méthode correcte de travail. Je n'aurai certainement pas pu rédiger ce mémoire sans son aide avant et tout au long de la rédaction de celui-ci.

Merci également à monsieur Frank Scholzen d'avoir été le co-promoteur de ce travail et de m'avoir accordé du temps lors de la rédaction de mon mémoire.

Merci aux membres du Comité de lecture de ce travail. Monsieur Stéphane Monfils, monsieur Jonas Lambert et monsieur Philippe André. Merci également au jury de mon mémoire. Je suis reconnaissant du temps qu'ils ont consacré à mon travail.

Enfin, je tiens à remercier mes proches qui m'ont aidé par leur soutien à atteindre mes objectifs durant mon parcours scolaire, en particulier ma mère, Tina, Auréliane et Camille. Ainsi que ceux qui m'ont aidé sans s'en rendre compte, en particulier mon père et Nicolas.

Résumé

En Wallonie, les propriétaires d'une installation photovoltaïque sont soumis à des règles de marché. Ces règles sont fixées par différentes autorités régionales et nationales et concernent la valorisation de la production électrique des panneaux photovoltaïques des propriétaires. Ce mémoire s'intéresse à l'influence de ces règles sur le comportement de ceux-ci, à l'aide d'un sondage soumis à un échantillon de propriétaires wallons de panneaux photovoltaïques et de trois entretiens auprès d'acteurs du secteur. L'analyse de ces données dans le but de mettre en évidence cette influence explore plusieurs sujets clés relatifs à une installation photovoltaïque, comme l'autoconsommation ou les décrochages d'onduleurs. Pour mieux comprendre les comportements induits chez les propriétaires, l'analyse se penche ensuite plus en détail sur la réglementation wallonne du marché photovoltaïque en elle-même. Le levier financier utilisé lors du dernier changement de la réglementation en vigueur en Wallonie est une clé de voûte de l'analyse de cette influence, en 2024. Bien que la mise en évidence dans ce mémoire de son efficacité soit nuancée, ce travail met également en évidence plusieurs phénomènes qui ne semblent jusqu'ici pas forcément être pris en compte par la réglementation. Ils influent pourtant sur le comportement des propriétaires relatif à leur installation photovoltaïque. C'est le cas de l'inertie des comportements ou un certain effet de groupe.

I. TABLE DES MATIERES

I.	Table des matières.....	5
II.	Table des illustrations.....	7
III.	Table des sigles.....	9
IV.	Table des unités.....	9
1.	Introduction :.....	10
1.1.	Economie de l'énergie.....	10
1.2.	Reglementation.....	11
1.3.	Les propriétaires.....	11
1.4.	La problématique.....	14
1.5.	La question de recherche.....	16
1.6.	Déroulé du travail.....	17
2.	Etat de l'art :.....	18
2.1.	L'énergie photovoltaïque en Wallonie.....	18
2.2.	Le marché du photovoltaïque en Wallonie, en 2024.....	20
2.2.1.	Le réseau électrique wallon.....	20
2.2.2.	Les gestionnaires de réseau.....	21
2.2.3.	Le marché wallon de l'électricité photovoltaïque.....	21
2.3.	Le régime socio-technique autour du photovoltaïque.....	27
3.	Méthodologie.....	28
4.	Le comportement des utilisateurs.....	30
4.1.	L'autoconsommation chez les particuliers.....	30
4.2.	Freins et leviers à l'autoconsommation.....	30
4.3.	Effet rebond.....	46
4.4.	Mouvements de masses et mécontentement.....	48
4.5.	Les motivations à l'installation.....	50
4.6.	Analyse transversale.....	51
4.6.1.	Inertie de l'énergie.....	51
4.6.2.	Le paradigme de consommation de l'énergie.....	52
4.6.3.	Nudges et économie comportementale.....	52
4.6.4.	L'effet de groupe.....	53
5.	La réglementation.....	55
5.1.	Buts et intérêts de la réglementation du marché.....	55
5.1.1.	Quel est l'objectif de la réglementation ?.....	55
5.1.2.	A qui profite l'autoconsommation ?.....	56

5.2.	La nature des influences de la réglementation	57
5.3.	Vision future de la réglementation du marché	58
5.3.1.	Arrivées prévues	58
5.3.2.	Le PACE	60
5.3.3.	La smartisation	61
5.3.4.	Repenser le problème	61
5.4.	Qui influence quoi ?	62
6.	Discussion.....	63
6.1.	Discussion des résultats.....	63
6.2.	Limites de la méthodologie et de son application	63
6.3.	Perspectives de réalisations alternatives.....	64
7.	Conclusion	65
V.	Bibliographie	66

II. TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Rayonnement solaire global journalier en Belgique entre 1991 et 2020 (Institut Royal de Météorologie, s. d.).....	10
Figure 2 : Consommation électrique annuelle du cas fictif considéré, à partir d'un fichier disponible en annexe	12
Figure 3 : Consommation d'électricité du foyer et production des panneaux photovoltaïques pendant une année du cas fictif.....	12
Figure 4 : Échantillon de quelques heures de la consommation d'électricité du foyer et production des panneaux photovoltaïques du cas fictif étudié	13
Figure 5 : Zone de l'échantillon où la consommation est inférieure à la production.....	13
Figure 6 : Zone de l'échantillon où la production est supérieure à la consommation.....	13
Figure 7 : Zone de l'échantillon où la production est inférieure à la consommation.....	14
Figure 8 : Tarification des 3 zones de l'échantillon, dans le cas du tarif capacitaire, sous le régime de compensation	15
Figure 9 : Tarification des 3 zones de l'échantillon, dans le cas d'un compteur bidirectionnel soumis au régime de compensation	15
Figure 10 : Tarification des 3 zones de l'échantillon, sous le régime du tarif d'injection	16
Figure 11 : Evolution des puissances installées en Wallonie entre 2003 et 2023 (Energie Commune, 2023).....	19
Figure 12 : Répartition des gestionnaires de réseau en Wallonie par commune (Lambrecht, 2018)	21
Figure 13 : Schéma de fonctionnement du principe de compensation (ORES, s. d.-b)	23
Figure 14 : Le tarif prosumer capacitaire TVAC, en fonction du gestionnaire de réseau (CWaPE, s. d.-b).....	23
Figure 15 : Schéma différenciant le mécanisme de réglementation du marché avant et après 2024 (Reno.energy, 2023).....	26
Figure 16 : Répartition de l'attention des répondants à leur autoconsommation	30
Figure 17 : Répartition des périodes d'installation des panneaux photovoltaïques des prosumers de l'échantillon	31
Figure 18 : Niveau moyen d'intérêt à l'autoconsommation des prosumers interrogés en fonction de la tranche d'année d'installation de leurs panneaux photovoltaïques	31
Figure 19 : Avis des prosumers de l'échantillon qui la connaissent sur l'influence du changement de réglementation du 1 janvier 2024 sur la quantité de nouvelles installations à partir de 2024	32
Figure 20 : Tableau indicatif sur le fonctionnement du tarif dynamique (CWaPE, 2024)	33
Figure 21 : Radiation solaire sur quatre surfaces verticales, en août (Abrahams, 2023)	34
Figure 22 : Schéma d'une communauté d'énergie (ORES, s. d.-a).....	34
Figure 23 : Schéma de l'échange de pair à pair (ORES, s. d.-c).....	35
Figure 24 : Comportements adoptés par les prosumers interrogés par rapport à leur installation	36

Figure 25 : Compétences numériques de base ou avancées en fonction de la tranche d'âge en province de Namur (SOPDT, 2023).....	36
Figure 26 : Pourcentage d'utilisation d'une application de monitoring des prosumers répondants, en fonction de leur tranche d'âge	37
Figure 27 : Intérêt moyen à l'autoconsommation des prosumers répondants en fonction de leur tranche d'âge.....	37
Figure 28 : Souhait des répondants de recevoir plus d'informations sur la réglementation du marché photovoltaïque qui les concerne	38
Figure 29 : Coût moyen d'une installation photovoltaïque en Wallonie (Calderon Perez & Hoyois, 2021).....	41
Figure 30 : Schéma de résultats du simulateur, dépenses annuelles en électricité, avec et sans panneaux	41
Figure 31 : Répartition des motivations à l'installation des prosumers répondants de l'enquête	43
Figure 32 : Répartition des investissements des prosumers répondants	43
Figure 33 : Pourcentage de prosumers confrontés à des problèmes de décrochages	45
Figure 34 : Taux d'intérêt à l'autoconsommation, en fonction de la fréquence de décrochages chez les prosumers répondants.....	45
Figure 35 : Evolution des consommations des prosumers répondants depuis l'installation de leurs panneaux	46
Figure 36 : Evolution des consommations des prosumers répondants depuis l'installation de leurs panneaux en fonction de l'année de leur installation.....	47
Figure 37 : Pourcentage des répondants prêts à consommer plus d'énergie que nécessaire	47
Figure 38 : Satisfaction des prosumers vis-à-vis de la réglementation du marché	48
Figure 39 : Satisfaction des prosumers vis-à-vis de la réglementation du marché en fonction de la tranche d'année d'installation de leurs panneaux	49
Figure 40 : Gain financier annuel moyen des prosumers répondants en fonction de l'année d'installation de leurs panneaux	49
Figure 41 : Les arguments qui ont motivé les prosumers répondants à installer des panneaux photovoltaïques	50
Figure 42 : Fonction de la valeur selon Kahneman et Tversky (Côté, 2018)	52
Figure 43 : Une des planches de la BD concerne les panneaux photovoltaïques (Saive, 2009)	55
Figure 44 : Schéma de fonctionnement de la batterie Destore (Destore, s. d.)	57
Figure 45 : Schéma de l'échange de pair à pair (ORES, s. d.-c).....	58
Figure 46 : L'objectif du PACE en termes de photovoltaïque (Gouvernement wallon, 2023)	60
Figure 47 : Part d'énergie renouvelable en 2030 prévue dans les objectifs nationaux et internationaux	60
Tableau 1 : Données utilisées dans le simulateur	40

III. TABLE DES SIGLES

ASBL : Association sans but lucratif

CWaPE : Commission Wallonie pour l'énergie

GDR : Gestionnaire de réseau

ORES : Opérateur des réseaux électriques et de gaz en Wallonie

SPW : Service public de Wallonie

IV. TABLE DES UNITES

% : pourcent

° : degré

€ : euro

GWc : Gigawatt crête

kVA : kilovoltampère

kWe : kilowatt électrique

kW : kilowatt

kWh : kilowattheure

kWc : kilowatt crête

m² : mètre carré

W : Watt

1. INTRODUCTION :

1.1. ECONOMIE DE L'ENERGIE

L'Institut Royal de Météorologie (IRM) nous indique que pour la moyenne annuelle entre 1991 et 2020, à Arlon, le rayonnement solaire global équivaut à 3 kWh par m² et par jour (Institut Royal de Météorologie, s. d.).

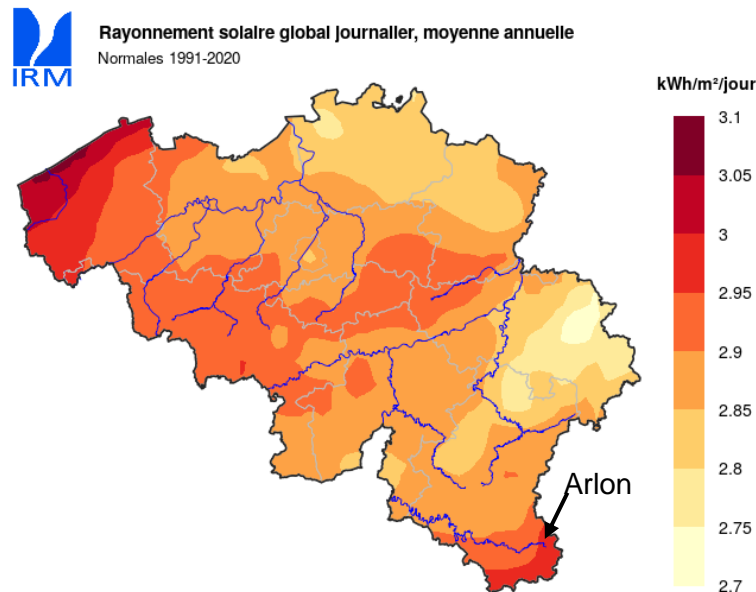


Figure 1 : Rayonnement solaire global journalier en Belgique entre 1991 et 2020 (Institut Royal de Météorologie, s. d.)

Toute cette énergie ne peut pas être récupérée, à cause des nombreuses pertes inévitables, (Poulain, 2014) mais cette carte illustre tout de même l'existence d'un potentiel énergétique de l'irradiation du soleil en Belgique et en Wallonie.

Au début de mon bachelier en énergies alternatives et renouvelables, à la Haute Ecole de la Ville de Liège (HEL), en co-diplomation avec la Haute Ecole de la Province de Liège (HEPL), une phrase d'un de mes professeurs m'a particulièrement marquée :

« Si votre projet d'énergie renouvelable n'est pas rentable, ne vous y lancez pas, personne ne vous suivra. »

Cela peut paraître évident, mais ça ne l'est pas forcément. J'ai repensé plusieurs fois durant mon master à cette phrase et à l'étonnement qu'elle provoqua chez moi. D'abord, au premier quadrimestre de la première année de mon master, au cours « économie, énergie et environnement » divisé en trois parties, dont une qui était axée sur l'économie de l'énergie, avec le professeur d'économie A. Gautier. Un an plus tard, le cours d'« analyse technico-économique des systèmes énergétiques » m'a montré d'une manière encore plus concrète, par la gestion d'un projet d'énergie renouvelable et par des cours théoriques, que des cours d'économie avaient largement leur place dans un campus d'environnement.

L'énergie, l'électricité, les panneaux photovoltaïques, les batteries domestiques ou encore les ballons d'eau chaude sont des biens ou des ressources qui se vendent et s'achètent, peuvent faire gagner ou perdre de l'argent, s'amortissent et se facturent...

Les installations solaires photovoltaïques domestiques sont des objets d'études économiques. D'ailleurs, des outils existent pour calculer la rentabilité financière des panneaux photovoltaïques domestiques en Wallonie (*Energie commune, avec le soutien de la Région Wallonne, s. d.*). Le photovoltaïque domestique est un sujet technico-économique : les notions d'injection, d'autoconsommation et de puissance crête se mélangent avec celles de valorisation de la production, de facture d'énergie ou de compensation financière, entre beaucoup d'autres. Il est donc logique que l'évolution du parc photovoltaïque wallon soit liée à une série d'autres facteurs, notamment économiques, et qu'une réglementation du marché existe.

1.2. REGLEMENTATION

Une série de législations encadrent le photovoltaïque belge et wallon. *L'arrêté royal relatif à l'établissement de mécanismes visant la promotion de l'électricité produite à partir des sources d'énergie renouvelables du 16 Juillet 2002* (Etaamb.Openjustice.Be, 2002) et la *loi sur l'électricité du 29 avril 1999, qui réglemente la production, la distribution et la fourniture d'électricité* (Etaamb.Openjustice.Be, 1999) en sont les fondements. Ces textes traitent d'aspects très technico-économiques. Ils sont d'ailleurs affiliés au ministère de l'économie, ils concernent entre autres le « marché de l'électricité photovoltaïque ». Le cadre légal du marché est complété par des dispositions qui font évoluer la réglementation au fil du temps, certaines sont uniquement applicables en Wallonie.

C'est le cas de *l'arrêté du Gouvernement wallon approuvant le règlement technique pour la gestion des réseaux de distribution d'électricité en Région wallonne et l'accès à ceux-ci du 03 mars 2011* (Wallex, 2011).

D'autres législations, urbanistiques par exemple, réglementent l'installation de panneaux photovoltaïques domestiques. Si un particulier décide d'installer des panneaux photovoltaïques sur sa propriété en Wallonie, il peut entrer en contact avec un des nombreux installateurs certifiés (*RESCert, s. d.*). Ils seront soumis à l'ensemble de ce cadre légal pour l'installation de ces panneaux, ensuite le propriétaire le sera pour l'exploitation de leur production électrique.

1.3. LES PROPRIETAIRES

Le but de ce travail est de parler des consommateurs, des propriétaires, des particuliers qui ne sont pas moins concernés par la thématique énergétique que n'importe quel autre acteur du secteur. Le solaire photovoltaïque est une bonne approche pour traiter d'une thématique qui concerne directement des citoyens wallons. En effet, les derniers chiffres de la Région Wallonne pour 2024 font état de 773 568 foyers wallons disposant de panneaux photovoltaïques (Service Public de Wallonie, 2024).

Les panneaux solaires photovoltaïques sont des objets d'études technico-économiques, comme dit précédemment, mais aussi socio-techniques. Ce mémoire s'intéresse aux propriétaires de panneaux photovoltaïques en Wallonie comme un groupe d'individus, qui ont en commun d'être propriétaires du dispositif technique que constitue une installation photovoltaïque. Ils sont tous soumis à la réglementation de marché introduite ci-dessus et sont confrontés, sur leur facture, à l'impact de l'installation de leurs panneaux. Pour y intégrer les propriétaires, ce travail s'intéresse à leur comportement.

Imaginons un cas fictif d'installation photovoltaïque :

Sur base d'un fichier de consommation moyenne hebdomadaire (la valeur des puissances consommées à chaque quart d'heure) (voir annexe), voici la consommation électrique annuelle du cas fictif considéré.

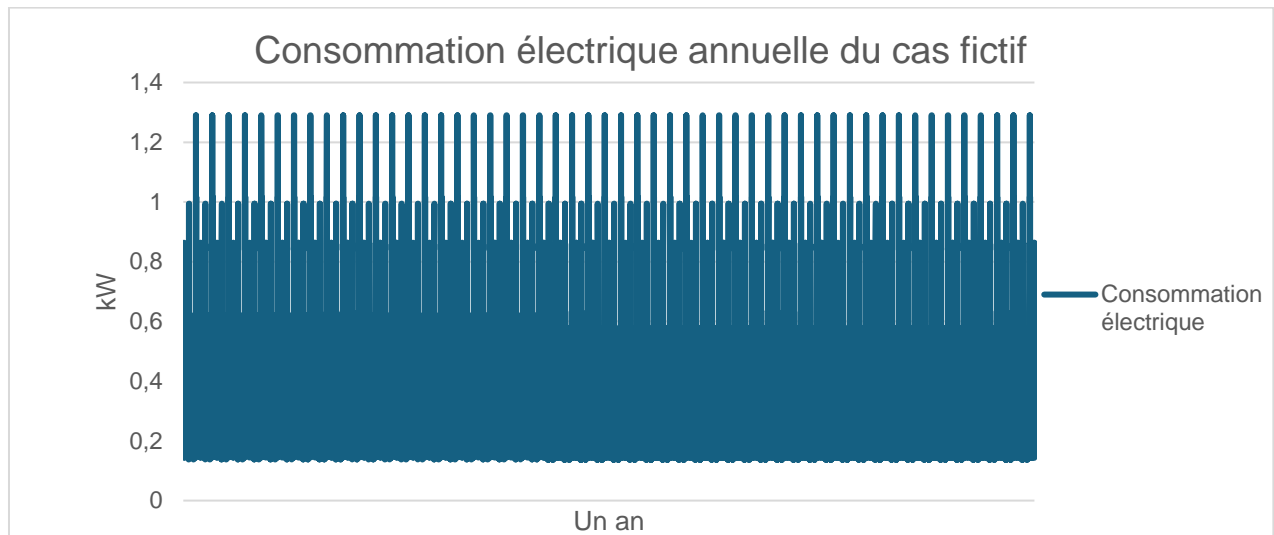


Figure 2 : Consommation électrique annuelle du cas fictif considéré, à partir d'un fichier disponible en annexe

Imaginons que ce foyer décide de s'équiper de panneaux photovoltaïques. Grâce au logiciel de simulation TRNSYS (e-Media Resources, s. d.), il est possible de simuler la production tous les quarts d'heure de panneaux photovoltaïques fictifs : 35 m² de surface de panneaux inclinés à 30 ° vers le sud. Les panneaux photovoltaïques choisis sont des panneaux d'une puissance crête de 280 W (il s'agit du panneau photovoltaïque : Q.PEAK-G3 265-280 (Hanwha Q CELLS GmbH, 2013)).

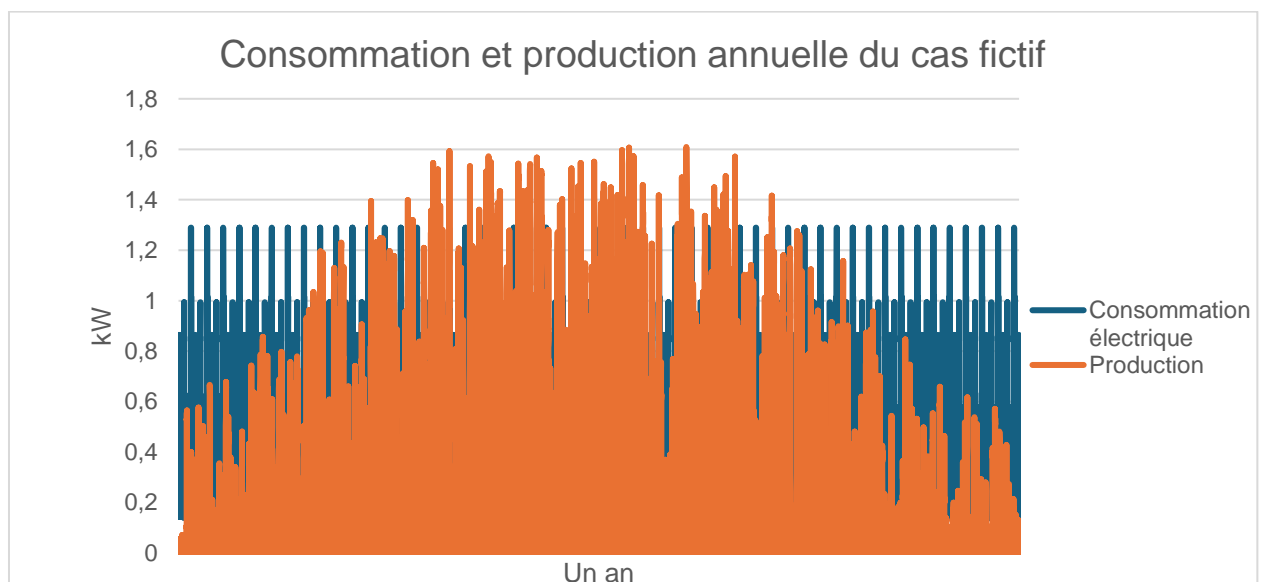


Figure 3 : Consommation d'électricité du foyer et production des panneaux photovoltaïques pendant une année du cas fictif

En termes de quantité d'électricité, ce ménage fictif consomme 2 594 kWh par an et en produit 1 542 kWh. Cela ne veut pas dire que 59,46 % (1 542 représentent 59,46 % de 2 594) de l'électricité consommée par le foyer provient directement de la production des panneaux. En effet, il y a un décalage entre la production et la consommation. Voici un échantillon de quelques heures du graphique annuel ci-dessus pour l'illustrer.

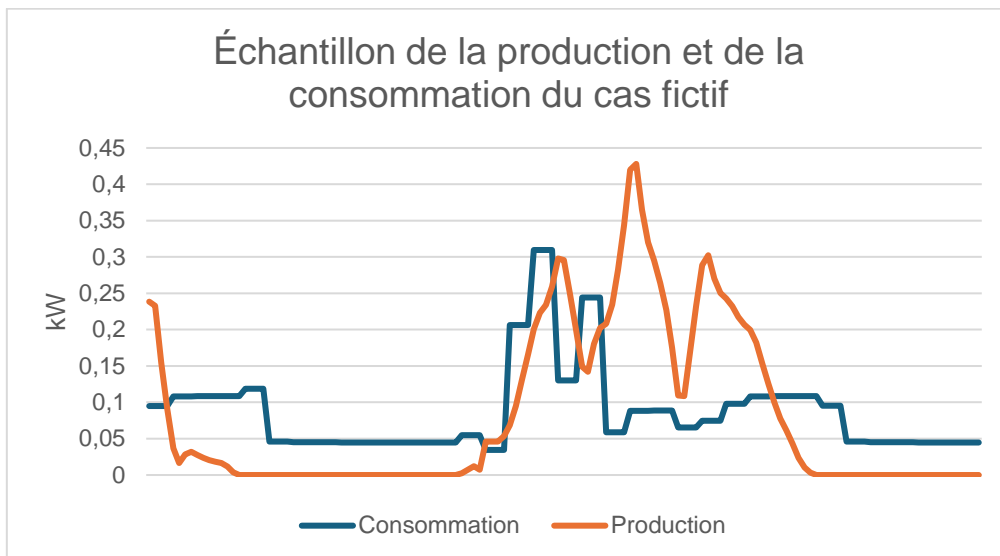


Figure 4 : Échantillon de quelques heures de la consommation d'électricité du foyer et production des panneaux photovoltaïques du cas fictif étudié

Dans cet échantillon, 3 zones différentes peuvent être dégagées :

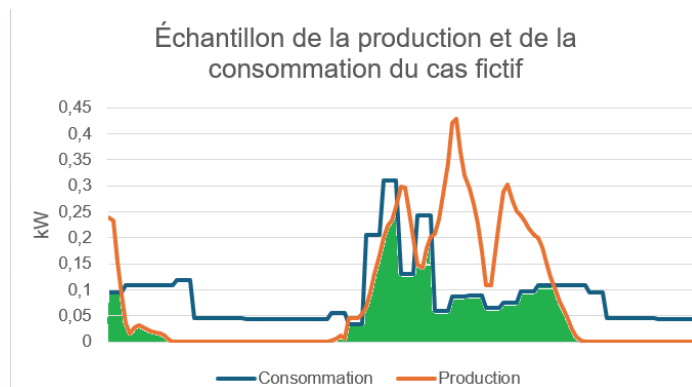


Figure 5 : Zone de l'échantillon où la consommation est inférieure à la production

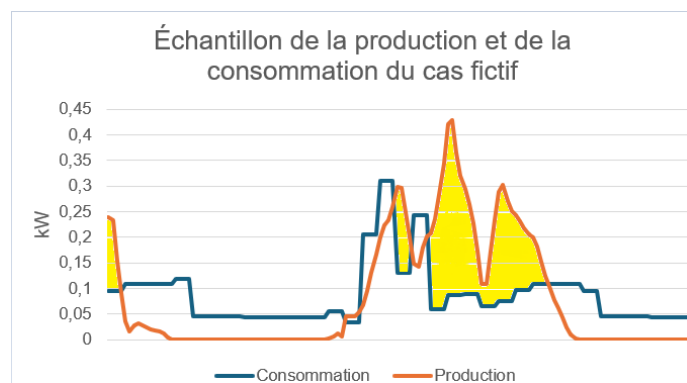


Figure 6 : Zone de l'échantillon où la production est supérieure à la consommation

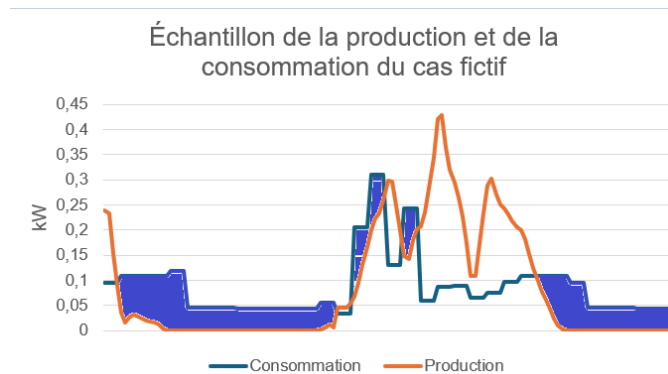


Figure 7 : Zone de l'échantillon où la production est inférieure à la consommation

Une zone verte, où la consommation est assurée par la production ; cette électricité ne doit donc pas être prélevée sur le réseau, il s'agit de l'**autoconsommation**. Dans la partie jaune, la production dépasse la consommation ; l'électricité n'est pas directement consommée, elle doit être utilisée autrement. Dans la partie bleue, la consommation excède la production ; il faut donc prélever l'électricité ailleurs que de la production directe des panneaux photovoltaïques pour satisfaire la consommation.

L'existence de la zone jaune ainsi que de la bleue implique que le foyer prélève et injecte de l'électricité sur un système externe. Le foyer est dépendant d'un réseau électrique, à moins qu'il possède lui-même ce système, qui peut être une batterie domestique, par exemple. Cette batterie, dans un cas idéal, stockerait toute l'électricité de la zone jaune pour combler, plus tard, la zone bleue. Cette utilisation du réseau et de son électricité est tarifée et encadrée par la réglementation du marché.

Une fois son installation mise en place, son propriétaire n'a pas vraiment d'influence sur sa production, elle dépend surtout de l'irradiation solaire. Cependant, la courbe de consommation peut être modifiée par des comportements du propriétaire : augmentée, diminuée ou mise en phase avec la production...

1.4. LA PROBLEMATIQUE

Considérons que, dans ce cas fictif, l'installation soit connectée au réseau électrique, sans autre système de stockage comme une batterie domestique. L'électricité de la partie jaune où la production dépasse la consommation est renvoyée sur le réseau, ce qui est réglementé (Cédric, 2023). La partie bleue est prélevée du réseau et est donc facturée selon les tarifs du fournisseur (CWaPE, s. d.). Enfin, la partie verte constitue l'**autoconsommation**, la production est directement consommée et elle n'est pas facturée. Quel serait l'intérêt du consommateur à modifier ses comportements de consommation ?

Imaginons trois cas de figure : dans le premier cas, notre installation fictive a été installée en 2023 et dispose d'un compteur électromécanique. Selon *l'arrêté du Gouvernement wallon approuvant le règlement technique pour la gestion des réseaux de distribution d'électricité en Région wallonne et l'accès à ceux-ci du 03 mars 2011* (Wallex, 2011), cette installation bénéficie du mécanisme de compensation appelé aussi « principe du compteur qui tourne à l'envers ». Lorsque le propriétaire prélève 1 kWh du réseau, son compteur tourne et comptabilise 1 kWh qui lui sera facturé. Si plus tard il injecte sur le réseau 1 kWh qu'il a produit

et n'a pas consommé, son compteur tourne de 1 kWh dans l'autre sens. Il n'est pas possible de quantifier la quantité d'électricité qui a été injectée avec ce type de compteur, juste la valeur du prélèvement moins l'injection (CWaPE, s. d.-b).

En vertu du décret relatif à la fin de la compensation entre les quantités d'électricité prélevées et injectées sur le réseau et à l'octroi de primes pour promouvoir l'utilisation rationnelle de l'énergie et la production d'électricité au moyen de sources d'énergies renouvelables du 01 octobre 2020 (Wallex, 2020a), cette installation est soumise au tarif prosumer capacitaire, une contribution financière annuelle à l'utilisation du réseau dépendant de la puissance de l'installation photovoltaïque.

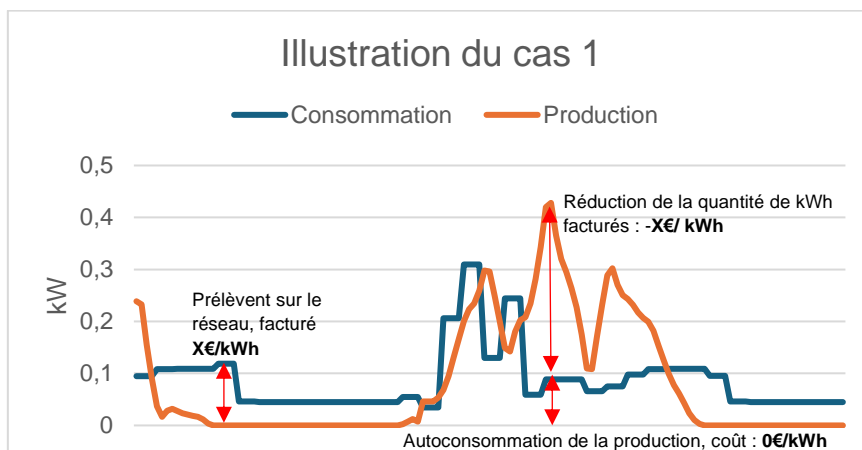


Figure 8 : Tarification des 3 zones de l'échantillon, dans le cas du tarif capacitaire, sous le régime de compensation

Dans ce cas, dit « tarif capacitaire », **le propriétaire n'économise pas d'argent en maximisant son autoconsommation.**

Dans un deuxième cas, l'installation a été installée en 2023, mais dispose cette fois d'un compteur bidirectionnel. Dans ce cas, les injections sont comptabilisées séparément des prélèvements sur le réseau, l'autoconsommation peut être quantifiée. La méthodologie tarifaire dans ce cas prévoit la possibilité d'un tarif prosumer adapté, proportionnel, mais garanti dans son 64^{ème} article que le montant du tarif proportionnel ne peut pas dépasser le montant du tarif capacitaire. Il faut pour cela que le consommateur autoconsomme plus de 37,76 % de sa production, sur base annuelle (CWaPE, 2023).

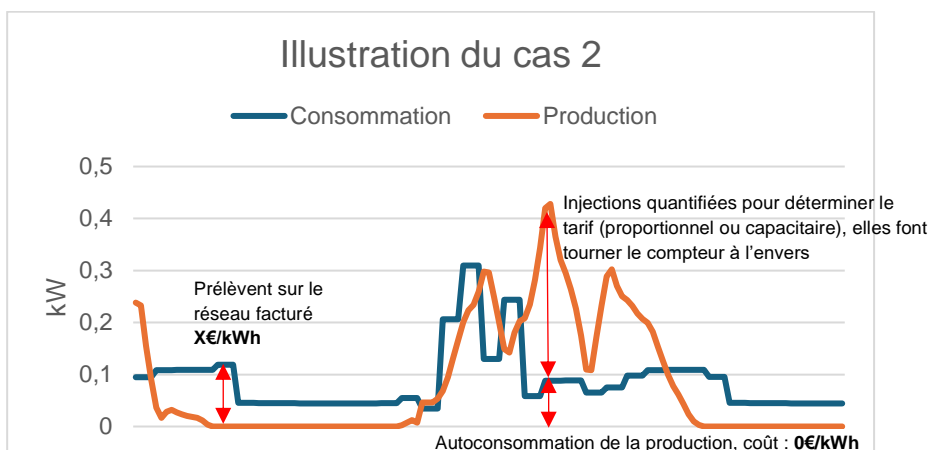


Figure 9 : Tarification des 3 zones de l'échantillon, dans le cas d'un compteur bidirectionnel soumis au régime de compensation

Autrement dit, **le consommateur peut gagner de l'argent s'il maximise son autoconsommation, mais ne peut pas en perdre par rapport à ce qu'il paierait avec un compteur électromécanique.**

Dans un dernier cas, l'installation du propriétaire fictif a été installée en 2024. Elle est équipée d'un compteur communicant, car selon *l'arrêté du Gouvernement wallon relatif aux compteurs communicants 01 décembre 2022* (Wallex, 2022) ce propriétaire ne peut pas refuser l'installation d'un compteur communicant (il peut juste refuser la fonction communicante, ce qui n'est pas le cas de cet exemple). C'est *l'arrêté du Gouvernement wallon fixant les modalités relatives à la fin de la compensation entre les quantités d'électricité prélevées et injectées sur le réseau du 12 octobre 2023* (Wallex, 2023) qui encadre la tarification de ce cas de figure. Il prévoit la fin de la compensation pour les nouvelles installations et la rémunération des injections selon un tarif d'injection fixé par le fournisseur d'électricité.

Le tarif moyen d'un kWh prélevé du réseau pendant la journée est, en Wallonie en avril 2024 et dans ce cas de figure, de 0,1418 €/kWh alors que le tarif moyen d'injection, lui, est de 0,0306 €/kWh. L'électricité injectée est rachetée moins cher au consommateur qu'elle ne lui est vendue (*test-achats, s. d.*).

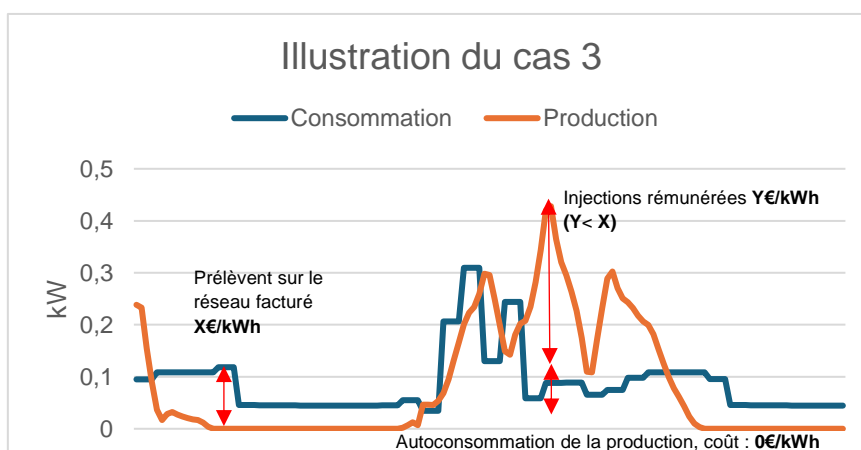


Figure 10 : Tarification des 3 zones de l'échantillon, sous le régime du tarif d'injection

Dans ce cas, **le consommateur gagne de l'argent en maximisant son autoconsommation.**

L'intérêt du consommateur à modifier son comportement est donc lié à la réglementation de marché qui le concerne. C'est précisément le sujet dont ce travail traite.

1.5. LA QUESTION DE RECHERCHE

Ainsi, pour pouvoir traiter l'influence que la réglementation du marché a sur les propriétaires de panneaux photovoltaïques domestiques, la question de recherche de ce mémoire est :

« Dans quelle mesure la réglementation wallonne relative au marché des panneaux photovoltaïques impacte la consommation électrique des propriétaires d'une installation domestique en 2024 ? »

1.6. DEROULE DU TRAVAIL

Pour traiter cette question de recherche, la première étape est une recherche bibliographique qui a pour but de traiter les connaissances existantes sur le sujet et la théorie indispensable à la compréhension du sujet. Il s'agit de l'état de l'art. Afin de pouvoir mener des recherches, il est indispensable de définir et de détailler la méthode de recherche avant de commencer celle-ci. Un chapitre méthodologique explique en détails le processus de recherche en vue d'apporter une réponse pertinente à la question de recherche.

Ensuite, une première partie analytique s'emploie, à l'aide de la méthodologie établie, à analyser le comportement des propriétaires wallons de panneaux photovoltaïques. Ces comportements sont influencés par la réglementation du marché ou en sont indépendants.

Une deuxième partie d'analyse se penche ensuite sur la réglementation wallonne du marché photovoltaïque en tant que telle, son but et ses perspectives d'évolution, entre autres. Cette partie est indissociable de la précédente car elle porte un regard sur la réglementation du marché au vu des comportements qu'elle induit, analysés précédemment.

Enfin, un chapitre de discussion et une conclusion terminent ce travail. La discussion a pour but de confronter les résultats obtenus et de parler des limites de ceux-ci. Elle apporte un point de vue acquis avec un peu de recul sur le travail réalisé. Les limites des résultats sont accompagnées des limites générales du travail, notamment celles de la méthodologie. La conclusion synthétise tous les résultats et apporte des perspectives pour compléter ce travail dans le futur.

2. ETAT DE L'ART :

2.1. L'ENERGIE PHOTOVOLTAIQUE EN WALLONIE

La Wallonie, en tant que région de l'Union Européenne (UE), est engagée dans les objectifs du Green Deal (Commission européenne, s. d.), ligne de conduite de l'UE pour répondre aux nombreux défis posés par le dérèglement climatique et les crises environnementales. Dans le mix énergétique wallon, la répartition des sources de production d'électricité est en évolution constante. Au fil des années, la part d'énergies renouvelables augmente (Energie Commune, 2024) participant ainsi à la réalisation des promesses de l'UE : être le premier continent neutre pour le climat. Pour pouvoir répondre à ce défi colossal, il est impératif de multiplier les efforts et les leviers d'action. Dans sa résolution relative à la mise en œuvre d'une politique wallonne du climat du 28 septembre 2017 (Parlement de Wallonie, 2017), le Parlement wallon prévoit dans une demande au Gouvernement wallon :

« 1. de prévoir comme objectif pour 2050 l'amélioration de 50 % de l'efficacité énergétique par rapport à aujourd'hui; »

« 2.2. de se donner l'objectif de 100 % d'énergie renouvelable dans la consommation finale d'énergie wallonne en fixant une trajectoire de proportion de l'énergie renouvelable dans la consommation d'énergie entre aujourd'hui et 2050 et une répartition entre les différentes filières d'énergie renouvelable, en prévoyant une amélioration annuelle et une évaluation quinquennale des bilans ainsi qu'une révision éventuelle de la planification » (Parlement de Wallonie, 2017).

Ces objectifs témoignent de l'engagement de la Wallonie dans les objectifs européens.

Les panneaux solaires photovoltaïques convertissent des rayons du soleil en électricité grâce à un effet physique découvert par E. Becquerel en 1839 (Fatet, 2005).

La puissance photovoltaïque installée ne cesse d'augmenter, atteignant en 2023 en Wallonie 2,2 GWc pour une production de 1 778 GWh/an (Energie Commune, 2023). Les Wallons sont au cœur de ces chiffres, même si les installations domestiques ne représentent pas l'intégralité de la production régionale (Parlement de Wallonie, 2022). D'ailleurs, 74 % des installations wallonnes ont une puissance égale ou inférieure à 10 kVA, ce qui correspond à la puissance d'une installation domestique classique (Energie Commune, 2023). En Wallonie, la production est répartie dans 626 564 foyers sur les 5 provinces de la région (Service Public de Wallonie, 2024).

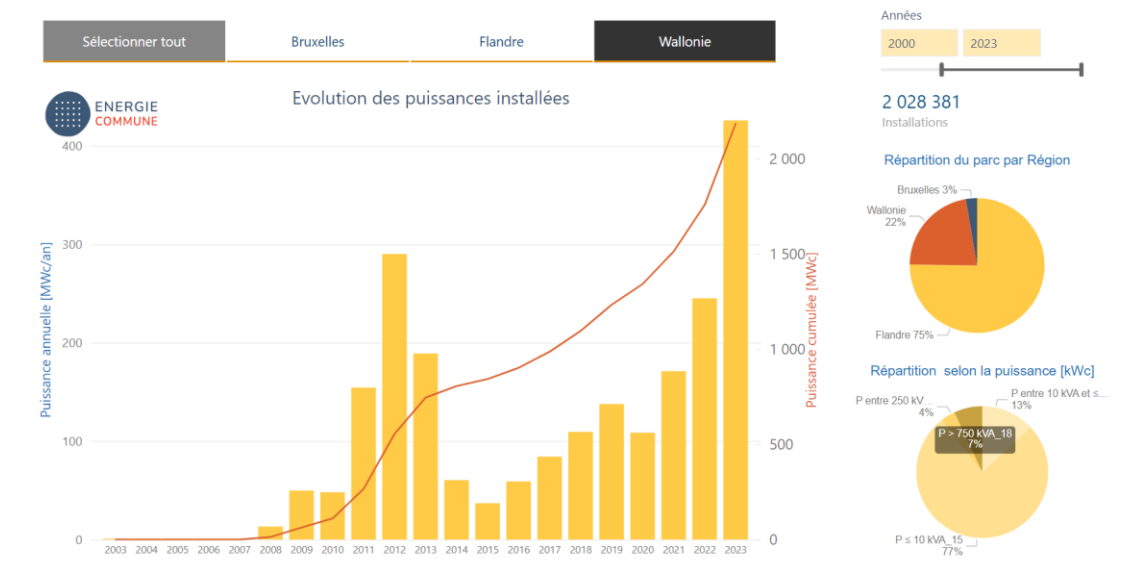


Figure 11 : Evolution des puissances installées en Wallonie entre 2003 et 2023 (Energie Commune, 2023)

Les installations photovoltaïques domestiques pourraient utiliser les toits des 1 695 354 maisons et immeubles recensés dans le cadastre en Wallonie en 2023 pour produire de l'électricité (Statbel, 2023). Ces surfaces de toits sont exposées au soleil par leur nature de toit et ont donc du potentiel. Tous ces toits sont déjà des surfaces artificialisées et ne sont pas forcément exploitées à leur plein potentiel (Grison et al., 2021).

Le photovoltaïque domestique permet aux Wallons de produire une partie de l'électricité qu'ils consomment. Mais l'électricité est une ressource complexe à gérer. En produire sur autant d'installations différentes implique l'existence d'un « marché du photovoltaïque » pour encadrer la production d'électricité des citoyens couplés au réseau (CWaPE, 2021). Les propriétaires d'une installation photovoltaïque qui absorbent et injectent de l'électricité sur le réseau sont appelés des « prosumers » (CWaPE, s. d.).

La quantité d'électricité qui est produite par une installation photovoltaïque n'est pas constante au long d'une journée, car, entre autres, la position du soleil et le passage de nuages influencent l'irradiation du soleil au sol. Ceci est d'autant plus vrai pour une orientation fixe de panneaux sur un toit (R. Rezoug et A. Zaatri, 2009). La consommation électrique d'une habitation n'est pas non plus constante, ni en phase avec les variations journalières de production. Il est donc impératif qu'un réseau absorbe et distribue de l'électricité pour combler ce déphasage, et qu'un marché régule ce mécanisme (Y. Riffonneau, F. Barruel, S. Bacha, 2008).

Ce marché wallon de l'énergie photovoltaïque est une partie du puzzle qu'est le marché électrique européen, un point de production et de consommation parmi d'autres (F. Picard, K. Cabaret, 2015). Ce travail porte sur un autre aspect du photovoltaïque que ce tissu européen, celui des Wallons producteurs et consommateurs, qui sont des acteurs de ce tissu. En cette qualité d'acteurs, ils font partie du marché et sont concernés par son évolution. Ils sont soumis aux règles régionales régissant ce marché.

2.2. LE MARCHE DU PHOTOVOLTAÏQUE EN WALLONIE, EN 2024

2.2.1. LE RESEAU ELECTRIQUE WALLON

Un propriétaire de panneaux solaires photovoltaïques produit de l'électricité grâce au soleil par le biais de ses panneaux. Cette électricité peut être utilisée par le propriétaire qui autoconsomme sa production. Elle est considérée comme renouvelable car sa source est le soleil (Meunier, 2008). Mais lorsque la production excède la consommation, lorsque le soleil irradie les panneaux, mais que personne dans la maison n'a besoin de l'électricité produite, que se passe-t-il ? Pour stocker cette électricité, il est possible d'utiliser des équipements, mais une batterie domestique est onéreuse, d'autant plus qu'en Wallonie, il n'y a actuellement pas de prime pour leur installation (Solvari & Solvari, 2023). Dans ce cas de figure de surproduction, l'énergie produite, moins la consommation, est réinjectée sur le réseau (CWaPE, 2021).

Le taux d'autoconsommation d'une installation photovoltaïque représente la proportion de l'énergie produite par celle-ci qui est consommée directement par le foyer propriétaire de l'installation, par exemple. La méthode est la suivante : « *Taux d'autoconsommation en % = production consommée sur place / production totale* » (EDF ENR, 2023).

La Commission européenne, dans un rapport de 2015, annonce que le taux moyen d'autoconsommation pour un ménage d'Europe centrale est de 30 %, sur une base de temps d'un quart d'heure (Commission Européenne, 2015). La base de temps communément utilisée pour ces calculs est le quart d'heure (MOREAU, 2018).

L'électricité utilisée dans les prises d'une maison, par exemple, est ce qu'on appelle du courant alternatif qu'il faut différencier du courant continu (M. MATHLVET, s. d.). Les panneaux photovoltaïques produisent du courant continu qu'il faut transformer en courant alternatif grâce à un onduleur. Cette convention permet à la production des panneaux d'être utilisée dans un contexte domestique et d'être injectée sur le réseau. (ABBASSEN L., 2011). En cas de surtension sur le réseau, due à une injection photovoltaïque trop importante sur celui-ci, il arrive que les onduleurs décrochent. Ces décrochages empêchent temporairement la valorisation de la production d'énergie des panneaux photovoltaïques (RESA, s. d.).

Approuvé en première lecture, un texte du Gouvernement wallon prévoit une indemnisation proportionnellement à la taille de l'installation solaire photovoltaïque de ces décrochages. Ce texte en préparation devrait, si les deux prochaines lectures du texte sont approuvées, être mis en application au printemps prochain (Henry, 2024).

L'installation de batteries domestiques ou la maximisation de l'autoconsommation par le changement de comportements de consommation sont des solutions qui limitent l'injection d'électricité sur le réseau. Le consommateur qui produit de l'électricité espère récupérer des bénéfices de ses panneaux et de l'électricité qu'ils ont produite, même s'il ne peut pas la consommer directement. Des mécanismes existent pour valoriser cette énergie, comme nous allons le voir. Les décrochages des onduleurs empêchent cette valorisation. Le réseau wallon ne transporte que minoritairement l'électricité produite par des panneaux solaires (IWEPS, 2024), reste à savoir si c'est le réseau qui doit s'adapter aux productions photovoltaïques ou l'inverse.

2.2.2. LES GESTIONNAIRES DE RÉSEAU

La Wallonie compte six gestionnaires de réseaux, répartis selon les différentes communes de la région (Lambrecht, 2018). Ces gestionnaires de réseau ne doivent pas être confondus avec les fournisseurs d'énergie qui vendent de l'énergie aux particuliers. Les gestionnaires de réseau sont responsables du réseau wallon de distribution de l'électricité et du gaz, de son développement, de son exploitation et de son entretien (CREG, s. d.).

Les prosumers et les gestionnaires de réseau ont l'état du réseau électrique wallon en tant qu'intérêt commun et sont dépendants l'un de l'autre pour garantir la stabilité et le bon fonctionnement de celui-ci.

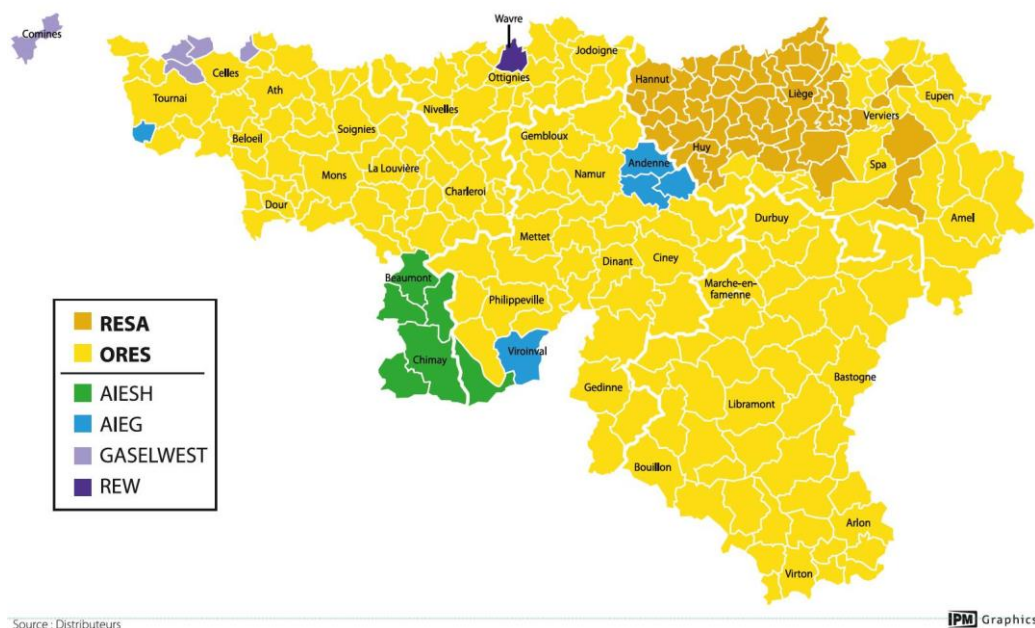


Figure 12 : Répartition des gestionnaires de réseau en Wallonie par commune (Lambrecht, 2018)

2.2.3. LE MARCHÉ WALLON DE L'ÉLECTRICITÉ PHOTOVOLTAÏQUE

L'électricité est un bien, elle est quantifiable physiquement et a une valeur monétaire, elle est achetée, vendue, distribuée. Lorsqu'un particulier achète de l'électricité à un fournisseur, il paie en fonction de la quantité d'électricité qu'il a consommée, quantité qui est calculée par son compteur électrique. Sa facture a différentes composantes : l'énergie, les coûts de transport, les coûts de distribution et les taxes et surcharges (CWaPE, s. d.). Mais lorsque le particulier produit de l'électricité grâce à des panneaux solaires photovoltaïques, s'il en autoconsomme une partie, vend le résidu de sa production et achète le complément sur le réseau, qu'en est-il de sa facture ?

Il est légal et possible en Wallonie d'être déconnecté du réseau électrique, mais assurer seul son approvisionnement en électricité est, entre autres, onéreux (Gassée et al., 2022). L'*arrêté du Gouvernement wallon relatif aux communautés d'énergie et au partage d'énergie du 17 mars 2023* a vu l'instauration en Wallonie à partir du 10 octobre 2023 des communautés d'énergies (Wallex, 2023a). Les communautés d'énergie renouvelable sont une alternative qui permet à plusieurs particuliers de s'associer pour partager entre eux une production d'électricité renouvelable. Néanmoins, ils peuvent profiter du réseau de distribution pour injecter leur production excédentaire et acheter de l'électricité à un fournisseur si besoin (ORES, s. d.).

Plusieurs possibilités existent. Comment fonctionne la valorisation de l'énergie produite mais qui n'est pas directement consommée, chez nous en Wallonie ? Il faut différencier la situation avant et après le 1er janvier 2024.

2.2.3.1. LA SITUATION AVANT 2024

A la fin de l'année 2007, en réponse à l'avance largement prise par la Flandre en matière d'énergie photovoltaïque (95 % de la puissance installée de faible puissance de Belgique se trouvait en Flandre), un plan de promotion du photovoltaïque wallon fut lancé (COLLARD, 2014), sur base d'un arrêté du 30 novembre 2006 (Wallex, 2006). Ce plan était nommé le mécanisme de soutien Solwatt. Il consistait en une incitation à installer des panneaux photovoltaïques, par entre autres l'octroi de certificats verts pour leur installation. Les certificats verts étaient un moyen de valoriser la production photovoltaïque. Ils étaient octroyés en fonction de la production de l'installation et pouvaient être revendus (SPW Energie, 2024).

Ces certificats verts existaient déjà, mais étaient avant 2008 bien moins valorisés (Stobbe, 2020). Ce plan a rendu l'installation de panneaux photovoltaïques très avantageuse : primes d'installation, certificats verts et mécanisme de compensation (voir ci-dessous) ... Dans ce contexte, en 2013, la puissance photovoltaïque installée est passée de 13,66 MWc en 2008 à 754,2 MWc (Energie Commune, 2023). En 2012, le Gouvernement décida d'opérer un demi-tour et réduisit la durée d'octroi des certificats verts de 15 à 10 ans. Ensuite, il remplaça le plan Solwatt par le plan Qualiwatt, qui entra en vigueur le 1 mars 2014 (COLLARD, 2014). Ce revirement fait suite à une bulle de certificats verts, créée par un engouement des Wallons pour ce système attrayant (Thirion, 2024).

Le plan Qualiwatt supprima l'octroi de certificats verts en le remplaçant par une prime annuelle d'une durée de 5 ans. Le plan Qualiwatt prit fin en 2018 et les primes prévues dans ce système étant d'une durée de 5 ans, les dernières ont été distribuées en 2022 (Stobbe, 2020).

Les certificats verts et les primes ne sont pas les seuls mécanismes mis en place avant 2024. Un autre mécanisme assurait le fonctionnement du marché photovoltaïque une fois les panneaux installés. Il s'agit du mécanisme de compensation, ainsi que, depuis 2020, d'un tarif dit « prosumer » (Wallex, 2020). Avec le principe de compensation, lorsque l'électricité est produite sans être consommée par le propriétaire de l'installation, elle est injectée sur le réseau, son compteur tourne alors dans l'autre sens. D'ailleurs, le principe de compensation est aussi appelé « principe du compteur qui tourne à l'envers ». Dans ce cas de figure, le réseau sert de batterie, de réservoir à l'installation photovoltaïque (ORES, s. d.-b).

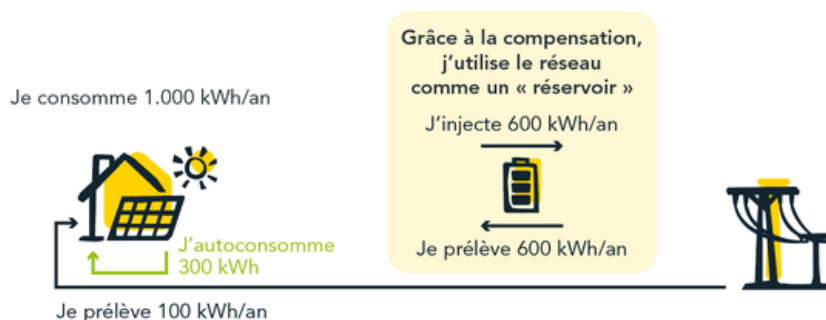


Figure 13 : Schéma de fonctionnement du principe de compensation (ORES, s. d.-b)

S'ajoute à ce principe le tarif prosumer, qui fit son apparition en octobre 2020. Ce tarif facture l'utilisation du réseau aux utilisateurs du mécanisme de compensation, le système de réservoir électrique décrit ci-dessus. Cette tarification est indépendante ou proportionnelle à l'utilisation du réseau par le prosumer, en fonction du type de compteur dont il dispose et de son taux d'autoconsommation annuel (Wallex, 2020a).

Concrètement, pour ce qui est de la facturation de ce tarif prosumer, il existe 2 cas de figure : soit celui des compteurs classiques, soit celui des compteurs double flux.

Avec un compteur classique, le montant facturé annuellement est fixe et dépend de la puissance de chaque installation. Il est calculé sur base d'un chiffre moyen d'autoconsommation (et donc d'utilisation du réseau) estimé par le gestionnaire de réseau. S'ajoute à ceci, bien sûr, le prélèvement sur le réseau pour compléter la production photovoltaïque, les 100 kWh/an de la *figure 13*. Ce tarif est dit capacitaire et le prix par kWe installés dépend de chaque gestionnaire de réseau (CWaPE, s. d.-b).

Tarif prosumer capacitaire TVAC			
exprimé en €/kWe			Evolution
	2023	2024	2023/2024
AIEG	57,38	59,02	3%
AIESH	76,14	79,21	4%
ORES NAMUR	77,27	66,19	-14%
ORES HAINAUT	74,34	66,19	-11%
ORES EST	86,31	66,19	-23%
ORES Luxembourg	80,27	66,19	-18%
ORES VERVIERS	85,04	66,19	-22%
ORES BRABANT WALLON	69,66	66,19	-5%
ORES MOUSCRON	72,07	66,19	-8%
RESA	67,62	70,67	5%
REW	77,67	76,26	-2%

Figure 14 : Le tarif prosumer capacitaire TVAC, en fonction du gestionnaire de réseau (CWaPE, s. d.-b)

Avec un compteur double flux, qui comptabilise le prélèvement et l'injection séparément, le montant facturé est proportionnel à l'utilisation du réseau. Le taux d'autoconsommation est déterminé précisément, ce qui n'est possible qu'avec un compteur double flux et c'est sur cette base que le tarif prosumer est déterminé. Pour un pourcentage d'autoconsommation annuel de moins de 37,76 %, le tarif dépend tout de même de la puissance de l'installation, comme avec un compteur électromécanique classique. Au-delà de ces 37,76 %, un tarif proportionnel aux prélèvements est appliqué. Dans tous les cas, le principe dit « du maximum à facturer » garantit que le tarif proportionnel ne peut être supérieur au tarif capacitaire (CWaPE, s. d.-d).

Dans un article de la revue économique de l'Université Catholique de Louvain (UCL) datant de mars 2019, A. Gautier et J. Jacquemin portent un regard critique sur ce modèle de tarification de la production des prosumers. Cet article se penche sur une partie de la question de recherche de ce mémoire, mais du point de vue de chercheurs économistes et dans le contexte tarifaire de 2019. Cette étude dresse des constats et des analyses du point de vue économique ainsi que des comportements induits par la réglementation en vigueur en 2019. Ils apportent des suggestions quant à une évolution de ce système de tarification. Cet article souligne le fait que ce système ne valorise pas l'autoconsommation ainsi que l'importance d'incitants financiers pour encourager l'installation de panneaux photovoltaïques (Gautier, A. et J. Jacquemin, 2019).

En analysant les comportements des propriétaires, par rapport à leur installation, ils mettent en évidence l'existence de comportements induits par la réglementation, par la compensation, entre autres. Le sondage réalisé dans le cadre de cette étude, datant de 2019, met en évidence que 60 % des prosumers répondants n'adoptent pas de comportements favorisant l'autoconsommation (Gautier, A. et J. Jacquemin, 2019).

Cette étude cherche également à démontrer l'existence d'un effet rebond, qu'ils définissent comme ceci :

« L'effet rebond est un phénomène bien connu dans le domaine de l'énergie. De quoi s'agit-il ? Le développement de technologies moins consommatrices d'énergie devrait diminuer la consommation. Ceci est vrai si l'usage ne change pas. Pour un nombre de Km donné, le développement de moteurs qui consomment moins diminue la consommation de carburant. On observe cependant que les individus ont tendance à utiliser plus intensément ces nouvelles technologies plus performantes et une partie des économies d'énergie est annulée par un effet rebond. On chauffe plus avec une nouvelle chaudière plus performante ou on roule plus avec une voiture moins énergivore » (Gautier, A. et J. Jacquemin, 2019).

Il apparaît que 20 % des ménages interrogés dans leur étude consomment moins que ce qu'ils produisent, à cause d'un surdimensionnement non négligeable des installations dû à l'attrait créé par le mécanisme de certificats verts (Gautier, A. et J. Jacquemin, 2019).

Dans ces cas de surdimensionnement, puisque ces ménages sont soumis au mécanisme de compensation, leur compteur peut afficher une valeur inférieure à celle de l'année précédente. Le compteur a, dans ce cas, tourné plus dans le sens inverse que dans le sens « de consommation ». La quantité d'électricité qui a été soustraite à l'index de l'année précédente est gratuite. Cette électricité a été produite sans être consommée, et peut être consommée sans être facturée (Gautier, A. et J. Jacquemin, 2019).

Parallèlement à ce constat, ils mettent en évidence dans leur étude que, pour 19 % des propriétaires interrogés, leur consommation électrique a augmenté depuis l'installation de leurs panneaux photovoltaïques. Il existe par conséquent une forme d'effet rebond dans ce système de réglementation du marché photovoltaïque (Gautier, A. et J. Jacquemin, 2019).

Cet article critique le système de tarification des prosumers en place et propose de le changer. Les critiques du système en place au moment de l'écriture de l'article sont synthétisées comme ceci :

- Un effet rebond est induit par le système de « *rachat de l'électricité au prix de détail* ». Ils parlent d'un « *subside implicite* » qui se cache derrière le système. Ce prix de rachat se compose du prix de l'énergie ainsi que de l'utilisation du réseau et d'autres taxes. Ce prix de détail est plus élevé que le prix de marché de l'électricité. Il y a une tendance au surdimensionnement des installations, ce qui constitue un effet rebond.
- Il y a une injustice entre le rôle des prosumers dans les coûts de réseau et la répercussion de ces coûts sur les consommateurs qui ne sont pas prosumers. En effet, les prosumers ne participent pas assez aux coûts de réseaux qui augmentent, pour tous, avec l'augmentation du nombre de prosumers, sans qu'on demande à ceux-ci de participer plus.
- Le manque d'incitation à l'autoconsommation, qui mène au fait que la majorité des prosumers n'autoconsomme pas. Ils ajoutent que ce manque d'incitation a des impacts sur la filière des batteries domestiques ou d'autres systèmes de stockage qui n'ont pas d'intérêt tant que l'autoconsommation n'est pas valorisée, le réseau servant de batterie (Gautier, A. et J. Jacqmin, 2019).

À la suite de cette critique du système de règles du marché, ils apportent également des propositions de changements :

«

- *Diminution de la rémunération pour l'injection d'électricité sur le réseau qui se fait sur base du volume d'électricité.*
- *Mise en place d'une redevance réseau fixe liée à la consommation de pointe. Concrètement cela signifie la mise en place d'un tarif lié à la puissance maximale souscrite ou effectivement utilisée d'une installation. Ce type de tarif est d'application dans de nombreux pays (en France par exemple) et pour les clients professionnels. La mise en place d'un tarif de pointe encourage les consommateurs à déplacer leur consommation de pointe et à lisser leur consommation.*
- *Diminution du tarif pour le prélèvement d'électricité sur le réseau, qui serait toujours calculé sur base volumétrique, en ayant pour objectif de maintenir les revenus du GRD constants.*

» (Gautier, A. et J. Jacqmin, 2019).

Cet article date de 2019. Depuis, le tarif prosumer a fait son apparition en 2020 (Wallex, 2020a). En plus du tarif prosumer, la fin du mécanisme de compensation pour les nouvelles installations à partir du 1 janvier 2024 a rebattu les cartes de la réglementation wallonne du marché de l'électricité photovoltaïque (Wallex, 2023b).

À partir de 2024, en application d'une directive européenne, la réglementation du marché a changé et a mis fin au principe du compteur qui tourne à l'envers pour les nouvelles installations. La compensation reste d'application pour les installations d'avant 2024 jusqu'au mois de décembre 2030 (SPW Energie, 2023).

2.2.3.2. LA SITUATION APRES 2024

Une installation placée après le 1 janvier 2024 ne suit donc plus ces règles. Toutes les nouvelles installations sont désormais équipées obligatoirement d'un compteur double flux et suivent les règles établies dans *l'arrêté du Gouvernement wallon fixant les modalités relatives à la fin de la compensation entre les quantités d'électricité prélevées et injectées sur le réseau du 12 octobre 2023* (Wallex, 2023b). Le mécanisme précédant (compteur qui tourne à l'envers et tarif prosumer) a laissé place au mécanisme du tarif d'injection, qui permet de vendre à un fournisseur son électricité excédentaire. Au lieu de faire tourner leur compteur à l'envers lorsque de l'électricité est renvoyée sur le réseau, les propriétaires peuvent soit, revendre cette électricité à un fournisseur, soit la partager avec d'autres particuliers, dans le cadre d'une communauté d'énergie (ORES, s. d.-b).

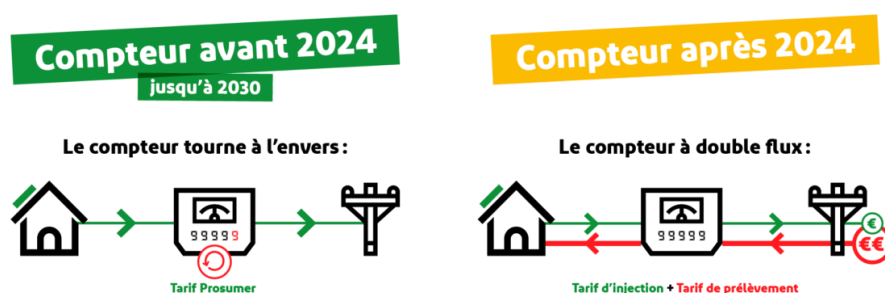


Figure 15 : Schéma différenciant le mécanisme de réglementation du marché avant et après 2024 (Reno.energy, 2023)

Comme exposé dans l'introduction, ce changement de réglementation favorise davantage l'autoconsommation des propriétaires.

Les installations datant d'avant 2024 peuvent être modifiées sans changer de régime à partir de 2024, mais le changement ne peut pas augmenter de plus d'un kWe la puissance de l'installation (CWaPE, s. d.-b).

2.2.4. LES DIRECTIVES EUROPÉENNES

La réglementation wallonne est influencée directement par les directives européennes. En effet, dans l'article premier du *décret relatif à la fin de la compensation entre les quantités d'électricité prélevées et injectées sur le réseau et à l'octroi de primes pour promouvoir l'utilisation rationnelle de l'énergie et la production d'électricité au moyen de sources d'énergie renouvelable du 1 octobre 2020* (Wallex, 2020a), nous pouvons lire ceci :

« Le présent arrêté transpose partiellement la Directive (UE) 2018/2001 du Parlement européen et du Conseil du 11 décembre 2018 relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables et la Directive (UE) 2019/944 du Parlement européen et du Conseil du 5 juin 2019 concernant les règles communes pour le marché intérieur de l'électricité et modifiant la Directive 2012/27/UE. » (Wallex, 2020a).

Les démarches wallonnes en termes de réglementation du marché photovoltaïque ne sont pas isolées et entrent dans le cadre d'une démarche européenne déjà évoquée.

2.3. LE REGIME SOCIO-TECHNIQUE AUTOUR DU PHOTOVOLTAÏQUE

En 2023, le nombre d'installations photovoltaïques a fortement augmenté en Wallonie, une croissance de 73,88 % de la puissance produite annuellement par rapport à 2022 a été observée (Energie Commune, 2023). Cette augmentation de la puissance installée et produite est apparue dans le contexte du changement de réglementation du 1 janvier 2024. Effet d'aubaine pour l'installation de panneaux en 2008 (COLLARD, 2014), installation de masse en 2023 (Energie Commune, 2023) ou problèmes de décrochage déplorés par des collectifs citoyens (Thirion, 2024) sont entre autres des phénomènes qui concernent directement les Wallons, relatifs à un dispositif qui semble « technique », celui des panneaux solaires photovoltaïques.

Un régime socio-technique est défini *dans le cours de théorie et gestion des transitions écologiques de M. Stassart (Stassart, 2023)* comme un « système composé de technologies, de régulations, d'usagers, d'infrastructures et d'éléments culturels. Il structure les règles et guide les perceptions et pratiques des acteurs ». Un système équivalent semble exister autour des panneaux photovoltaïques wallons.

Le contexte joue un rôle dans le déploiement des énergies renouvelables. Face à des crises énergétiques comme celle que nous avons connue en 2022, les énergies renouvelables, comme l'énergie solaire photovoltaïque, peuvent apporter une partie de la solution pour contrer ce genre de problème. Notamment par la diminution des importations énergétiques (Conseil de l'Union européenne, s. d.).

3. MÉTHODOLOGIE

La thématique de ce travail est relative aux comportements des propriétaires de panneaux photovoltaïques et à l'influence de la réglementation sur ceux-ci. Sa méthodologie a donc été axée sur le caractère socio-technique du mémoire. Elle est basée sur le traitement de données qualitatives plutôt que de données quantitatives. Pour étudier l'influence que la réglementation du marché photovoltaïque en Wallonie a sur le comportement des propriétaires qui y sont soumis, cette méthodologie est basée sur une analyse de ces comportements et, pour analyser ces comportements, un échantillon de témoignages a été récolté.

Pour cela, un questionnaire à destination d'un panel de propriétaires wallons de panneaux photovoltaïques a été établi. Les questions de ce questionnaire visent à récolter un échantillon des tendances de comportements relatifs aux panneaux photovoltaïques de cette série de propriétaires. L'objectif est aussi d'axer ces questions sur l'influence que la réglementation a sur leurs comportements. Ce questionnaire vise également à analyser si les comportements des propriétaires de l'échantillon ont été dirigés par la réglementation et ses changements vers des comportements d'autoconsommation et d'utilisation rationnelle du réseau électrique wallon. Le questionnaire a été conçu de manière à pouvoir comparer le profil de chaque répondant, ses motivations vis-à-vis de l'installation de ses panneaux photovoltaïques, ses comportements de consommation électrique et l'influence de la réglementation du marché photovoltaïque sur ces critères.

L'échantillon collecté dans le cadre de ce questionnaire est constitué de 55 personnes, qui font partie d'une tranche d'âge allant de 20 à 100 ans et qui ont en commun d'être des propriétaires d'une installation photovoltaïque en Wallonie. Les résultats récoltés par ce questionnaire seront analysés lors de ce travail et constituent une des bases de celui-ci. Les questions ont été divisées en plusieurs rubriques et ont été pensées sur base de l'état de l'art, en vue de l'analyse qui suit cette partie méthodologique. Les analyses tirées de ce questionnaire sont qualitatives et non quantitatives, ce qui justifie que le nombre de répondants au questionnaire ne constitue pas un échantillon représentatif de tous les prosumers wallons. Certaines tranches analysées sont moins représentatives que d'autres, à cause du nombre de répondants limité pour ces tranches. Elles ont été grisées dans les graphiques, car elles sont moins représentatives, sans pour autant être inutiles.

- La première page de questions interroge les répondants sur les caractéristiques générales de leur installation. Sur l'année d'installation des panneaux, le type de compteur et les primes éventuellement perçues.
- La deuxième page concerne le comportement des propriétaires vis-à-vis de leur installation. Il s'agit de récolter des données sur les habitudes de consommation des prosumers, leurs motivations à l'installation et l'effet rebond mentionné dans l'état de l'art.
- La troisième page concerne la réglementation du marché photovoltaïque en Wallonie et la manière dont les prosumers interrogés la perçoivent.
- La quatrième page est relative aux aménagements réalisés ou envisagés par les prosumers, ainsi qu'à la contrainte que les décrochages du réseau leur infligent éventuellement...
- Enfin, la dernière page récolte le profil socio-technique des propriétaires interrogés.

En parallèle de cette enquête à destination d'une série de propriétaires de panneaux photovoltaïques, cette méthodologie intègre la réalisation d'entretiens semi-directifs. Ces entretiens ont pour but de mieux comprendre le point de vue de trois entités actives dans le régime socio-technique du marché photovoltaïque wallon. Les questions de ces entretiens visent à mieux comprendre l'influence de trois entités sur les particuliers, propriétaires d'une installation photovoltaïque qui en dépendent d'une manière ou d'une autre. Une analyse des réponses au regard de mon thème de mémoire est réalisée au cours de ce travail.

La première entité interrogée est un organisme public, le **SPW Energie** dont le siège se trouve à Namur (Jambes) et qui est l'organisme public wallon chargé d'organiser la transition énergétique en Wallonie. Madame Muriel Hoogstoel, directrice de l'organisation des marchés, sur le rôle et la position du SPW Energie m'a parlé de l'influence de la réglementation du marché sur le comportement des propriétaires particuliers de panneaux.

Cet entretien était divisé en quatre catégories de questions. Tout d'abord, il y a eu des questions générales sur le travail de Mme Hoogstoel. Ensuite, la discussion s'est portée sur l'autoconsommation des prosumers et son incitation par le service public. Puis, il a été question du comportement des prosumers et des comportements induits directement ou indirectement par le SPW. Enfin, l'entretien concernait quelques questions sur l'évolution de la réglementation wallonne du marché et du parc photovoltaïque.

Le deuxième entretien a été mené au **Guichet Energie de Verviers**. Ce guichet, initié par le SPW Energie, est au service des citoyens pour les informer sur la thématique de l'énergie en général. Les conseillers du guichet sont donc confrontés régulièrement à des prosumers, à leurs questions et problématiques. L'entretien s'est déroulé avec une conseillère habituée du service.

Les questions de cet entretien étaient donc axées sur les comportements des prosumers, leurs questions, plaintes et souhaits ainsi que sur la nature de l'information qui leur était fournie au Guichet Energie.

La troisième entité interrogée est une ASBL privée de défense des droits des prosumers. Il s'agit de l'**ASBL Beprosumer** représentée par monsieur Régis Thirion, vice-président de l'association. L'entretien concernait la défense des prosumers, les limites techniques de l'autoconsommation et des normes juridiques autour de la réglementation du marché. Cet entretien a apporté une base technique très concrète sur des questions auparavant discutées de manière théorique, notamment dans les autres entretiens menés. M. Thirion a exposé le point de vue de son ASBL sur les thématiques traitées dans ce travail.

Ces interviews se sont déroulées sous forme d'entretiens semi-directifs, sur base de guides d'entretiens réalisés préalablement et disponibles en annexe. Les transcriptions de ces entretiens y sont également disponibles.

Grâce aux données récoltées sur base du questionnaire mis en place et aux entretiens réalisés, les analyses portant sur la problématique ayant mené au choix du thème de ce mémoire ont pu être étayées. Ainsi, ce travail est une tentative pour apporter une réponse, au moins partielle, à la question de recherche, au fil de ce travail et par le biais de cette méthodologie.

4. LE COMPORTEMENT DES UTILISATEURS

4.1. L'AUTOCONSOMMATION CHEZ LES PARTICULIERS

L'autoconsommation est un concept clé de ce travail. Elle a été au centre des entretiens, de l'analyse réalisée grâce au questionnaire et la réglementation du marché photovoltaïque en traite à de nombreuses reprises, comme exposé dans l'état de l'art. Pour M. Thirion, vice-président de l'ASBL Beprosusmer, « *c'est un geste citoyen que de consommer l'énergie quand elle est disponible chez moi* » (Thirion, 2024b).

Dans les réponses au questionnaire de l'échantillon de prosumers, la répartition de l'intérêt de cet échantillon à son taux d'autoconsommation est la suivante : 23 % des répondants ne sont pas attentifs du tout à leur taux d'autoconsommation, 31 % un peu, 35 % surveillent leur taux et enfin, 12 % surveillent attentivement leur autoconsommation.

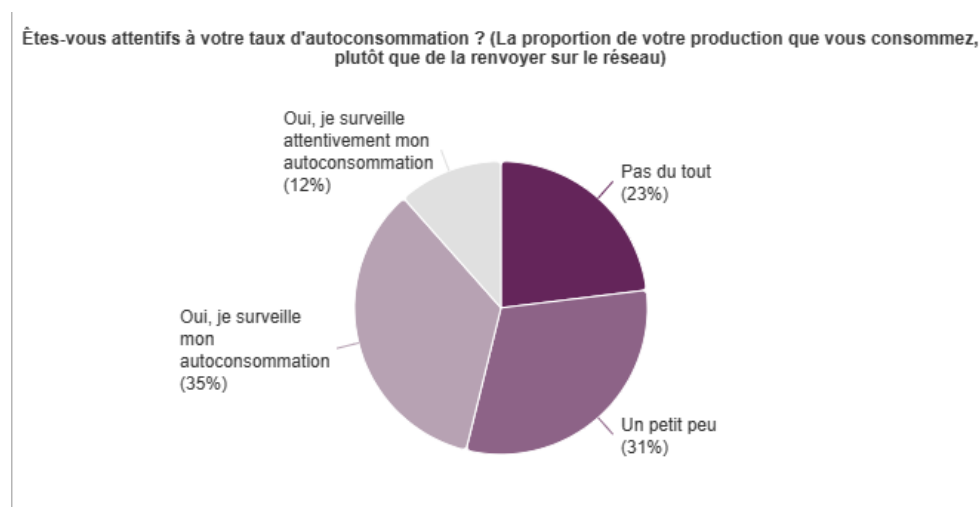


Figure 16 : Répartition de l'attention des répondants à leur autoconsommation

Ces résultats vont être par la suite croisés avec d'autres réponses au questionnaire. L'autoconsommation est bénéfique pour tous les acteurs du marché photovoltaïque. Quels sont les facteurs qui favorisent l'autoconsommation ? Et les facteurs qui la limitent ? Quel est le rôle de la réglementation dans ces freins et ces leviers ?

4.2. FREINS ET LEVIERS À L'AUTOCONSOMMATION

En parallèle des résultats du sondage à ce propos, les répondants des entretiens ont été interrogés sur les freins et les leviers à l'autoconsommation.

4.2.1. RÉGIME DE RÉGLEMENTATION COMME LEVIER

Le régime de réglementation du marché auquel sont soumis les propriétaires d'une installation photovoltaïque a-t-il un impact sur leur taux d'autoconsommation ?

Tout d'abord, quels régimes sont représentés dans l'échantillon ? La majorité des répondants ont installé leurs panneaux en 2023 et profitent donc du régime de compensation (à moins d'avoir modifié leur installation de plus d'un kWh depuis). Les installations datant de 2024 et donc soumises au tarif d'injection et celles d'avant 2008 sont les périodes d'installations les moins représentées.

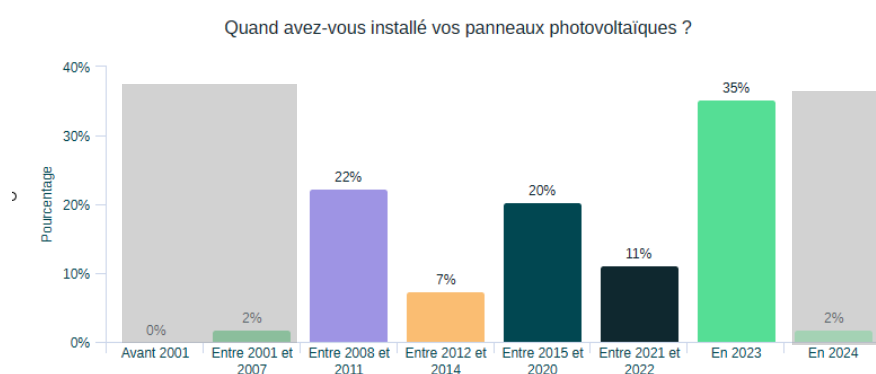


Figure 17 : Répartition des périodes d'installation des panneaux photovoltaïques des prosumers de l'échantillon

Pour ce qui est de l'autoconsommation, en créant un tableau croisé, il apparaît que l'intérêt pour le taux d'autoconsommation moyen noté de 1 à 4 (1 étant le plus bas niveau d'intérêt pour son autoconsommation et 4 le plus haut) des propriétaires varie en fonction de l'année d'installation, et donc du régime de réglementation. Le panel de propriétaires ayant installé des panneaux photovoltaïques en 2024 est faible, néanmoins il apparaît dans le tableau croisé que c'est cette tranche de prosumers qui est en moyenne la plus attentive à son autoconsommation. Comme exposé, l'autoconsommation est valorisée financièrement pour les nouvelles installations à partir de 2024.

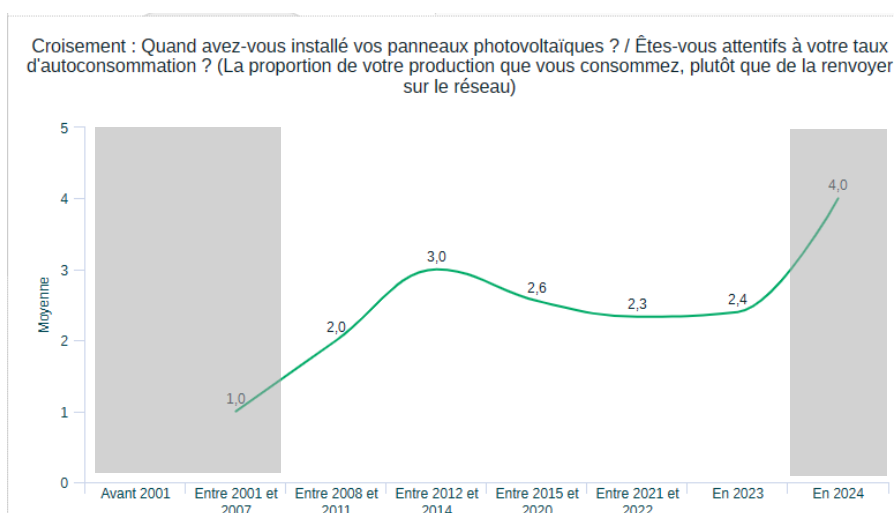


Figure 18 : Niveau moyen d'intérêt à l'autoconsommation des prosumers interrogés en fonction de la tranche d'année d'installation de leurs panneaux photovoltaïques

Au sujet du levier de la réglementation du marché, lors des entretiens, plusieurs témoignages ont été récoltés.

Mme Hoogtsoel du SPW Energie a expliqué à ce propos que :

« En règle générale, quand on veut changer les comportements, il y a deux manières de le faire, soit de manière plus contraignante et c'est lié à la réglementation, ou soit en mettant en place un incitant » (Hoogstoel, 2024)

« Alors comment on peut inciter l'autoconsommation ? Ben là, le seul incitant pertinent, pour moi, c'est le prix ! » (Hoogstoel, 2024)

Le changement du 1^{er} janvier 2024, qui a utilisé l'argent comme levier à l'autoconsommation, semble donc, d'après le sondage et le SPW Energie être une stratégie efficace. Le témoignage récolté auprès du Guichet Energie de Verviers, en plus de confirmer l'impact positif du changement sur l'autoconsommation soulève un autre point :

« Par contre, pour les gens qui ont investi après, à partir de janvier 2024. Là oui, eux comprennent très vite l'intérêt d'autoconsommer. » (Guichet Energie, 2024)

« C'est clair qu'on a eu beaucoup plus de questions sur le photovoltaïque les deux dernières années. Et que depuis janvier 2024 c'est... ça s'amenuise ! » (Guichet Energie, 2024)

« Les gens qui investissent depuis janvier 2024 savent bien que c'est dans ce cadre-là, donc ils le font en connaissance de cause » (Guichet Energie, 2024)

Ce témoignage est corroboré par une des questions du sondage. Pour 56 % des répondants qui connaissaient la nature du changement de 2024, celui-ci va freiner l'installation de panneaux photovoltaïques domestiques.

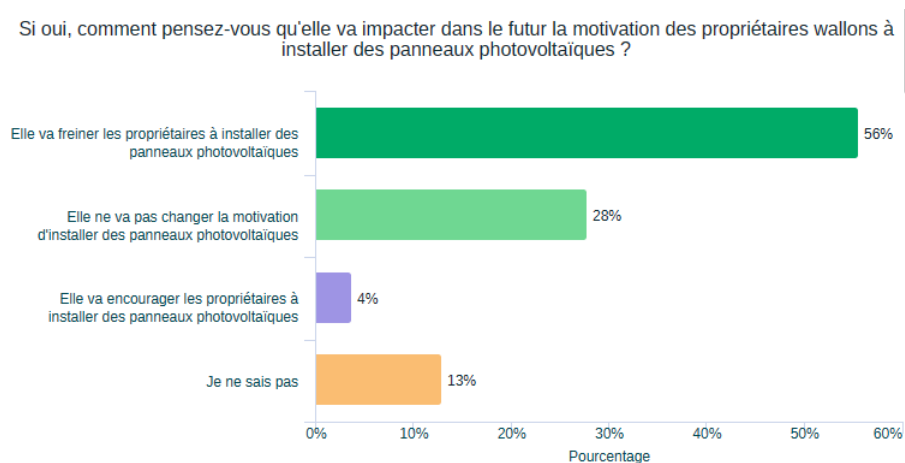


Figure 19 : Avis des prosumers de l'échantillon qui la connaissent sur l'influence du changement de réglementation du 1 janvier 2024 sur la quantité de nouvelles installations à partir de 2024

La voie « contraignante » dont parle Mme Hoogstoel semble donc efficace comme levier à l'autoconsommation, mais constitue a priori un frein à l'installation de panneaux photovoltaïques. Ce changement n'étant survenu que depuis quelques mois, pour appuyer cette hypothèse, il faudra attendre de pouvoir prendre du recul sur l'évolution de la puissance photovoltaïque domestique installée chaque année en Wallonie.

D'autres leviers à l'autoconsommation par une voie réglementaire existent, qui ne constituent pas forcément une contrainte. Par exemple, le tarif dynamique ou incitatif est en projet en Wallonie, son apparition étant prévue en 2026 (CWaPE, 2024). Il s'agit, d'après Mme Hoogstoel et le Guichet Energie de Verviers, d'un levier d'action réglementaire pertinent et efficace pour favoriser l'autoconsommation. Le principe est le suivant : les heures de la journée sont divisées en trois plages, une verte, une orange et une rouge. En fonction de la demande et de l'offre d'électricité au cours des 24 heures d'une journée, le prix de vente de l'électricité du réseau est adapté (Guichet Energie, 2024 et Hoogstoel, 2024).

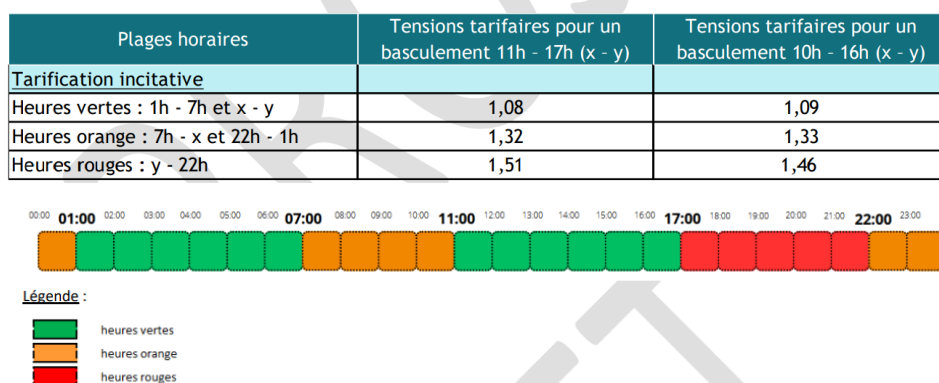


Figure 20 : Tableau indicatif sur le fonctionnement du tarif dynamique (CWaPE, 2024)

Le but de ce système est d'inciter, par le biais des tarifs énergétiques, les prosumers et les autres consommateurs du réseau basse tension (domestique) à adapter leur demande à l'offre d'électricité (Guichet Energie, 2024 et Hoogstoel, 2024).

M. Thirion, de l'ASBL Beprosumer a, lors de son entretien, expliqué être septique sur l'utilité de ce système pour inciter l'autoconsommation auprès des prosumers qui bénéficient du système de compensation. Pour lui, passer au système incitatif, ce qui est définitif, n'a pas d'intérêt pour les prosumers qui bénéficient de la compensation. Ils ne seraient donc pas poussés à l'autoconsommation, ce seraient plutôt les consommateurs qui ne produisent pas d'électricité qui seraient incités à ne pas, par exemple, recharger leur voiture électrique à 18 h (Thirion, 2024b).

Pour M. Thirion, d'autres voies sont possibles pour pousser les prosumers à réduire leur contrainte sur le réseau, même ceux qui disposent du tarif de compensation. Il a expliqué lors de son entretien que l'incitation à l'installation des batteries domestiques, qui pour lui sont en voie de démocratisation, pourrait aider le réseau. Il faudrait, pour lui, inciter les prosumers à injecter l'électricité de leur batterie sur le réseau durant les heures rouges, « c'est ce qui se passe aux États-Unis ! Ils appellent ça le virtual powerpoint » a-t'il dit :

« Les gestionnaires de réseaux ou des fournisseurs prennent le contrôle des batteries de ceux qui en ont, pour permettre le soir de s'en servir comme unité de production décentralisée. Donc ça, c'est intéressant et ça permet d'inciter les prosumers, par exemple, à réinjecter de l'énergie qu'ils auraient produite en journée ou en... le soir quand le réseau en a besoin. » (Thirion, 2024b).

4.2.2. ORIENTATION DES PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES

Depuis la fin du système de compensation pour les nouvelles installations, une nouvelle influence de la réglementation a fait son apparition sur le toit des nouveaux prosumers. Pour la consultante du Guichet Energie, afin de favoriser l'autoconsommation pour les nouvelles installations, qui est valorisée financièrement, l'orientation des panneaux photovoltaïques est adaptée aux créneaux de consommation de la maison (Guichet Energie, 2024). En Belgique et partout ailleurs dans le monde d'ailleurs, le soleil se lève à l'est et se couche à l'ouest. L'orientation des panneaux solaires exerce donc une grande influence sur le profil de production photovoltaïque au fil de la journée. Dans le cadre du mécanisme de compensation, l'intérêt du prosumer était dans la maximisation de la production. Les panneaux étaient donc placés au maximum vers le sud pour faire tourner le compteur le plus possible à l'envers, peu importe quand. Cette logique a largement perdu de son intérêt pour les nouvelles installations depuis 2024.

- Solar radiation on 4 perpendicular surfaces during one day in august (no shading)

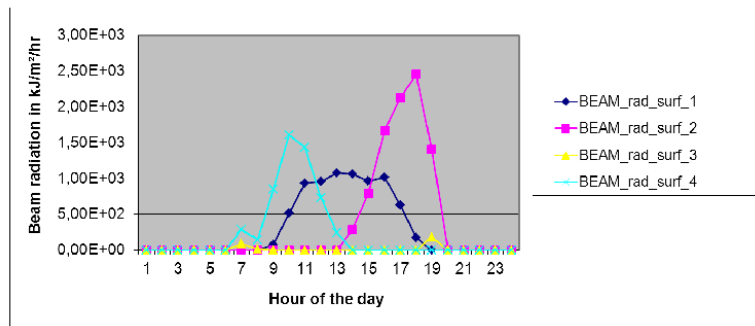


Figure 21 : Radiation solaire sur quatre surfaces verticales, en août (Abrahams, 2023)

4.2.3. LES COMMUNAUTÉS D'ÉNERGIE

La possibilité de créer des communautés d'énergie est une nouveauté en Wallonie. Depuis janvier 2024, il est possible de partager en communauté une production d'énergie renouvelable et ainsi de réduire les injections sur le réseau (Wallex, 2023a). Il ne s'agit ici pas d'une autoconsommation individuelle, mais collective.

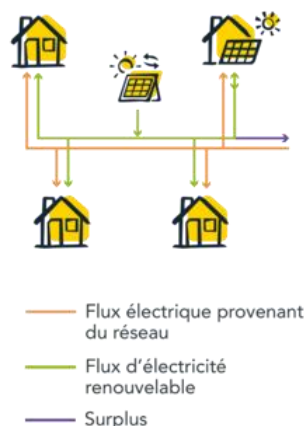


Figure 22 : Schéma d'une communauté d'énergie (ORES, s. d.-a)

24 % des répondants du sondage aimeraient faire partie d'une communauté d'énergie, contrairement aux 33 % qui n'aimeraient pas. Ce levier est encore peu développé, d'après Mme Hoogstoel (Hoogstoel, 2024).

4.2.4. L'ÉCHANGE DE PAIR À PAIR

Pas encore réglementé en Wallonie, l'échange de pair à pair permettrait aux particuliers de vendre au prix qu'ils choisissent leur production, au consommateur qu'ils désirent (ORES, s. d.-c). Ce système serait un autre levier à l'autoconsommation puisqu'il n'influence pas la consommation propre de sa production, mais partagée.

Bien que cela ne soit pas encore possible, le concept intéresserait 38 % des répondants au sondage s'il devenait possible.



Figure 23 : Schéma de l'échange de pair à pair (ORES, s. d.-c)

4.2.5. LE MONITORING PHOTOVOLTAÏQUE

Le monitoring photovoltaïque consiste à utiliser des plateformes numériques pour analyser la production et l'injection de ses panneaux photovoltaïques, ainsi que sa consommation électrique, les économies réalisées, le taux d'autoconsommation de son installation... (energreen, s. d.). Les informations de production peuvent être obtenues par des estimations, sur base d'informations techniques d'une installation. Grâce à ces données et à l'aide d'un logiciel de simulation comme TRNSYS (e-Media Resources, s. d.) ou de la plateforme PVgis (Commission européenne, 2024), il est possible d'estimer la production d'une installation photovoltaïque. Mais aussi, de manière beaucoup plus précise, grâce aux compteurs double flux qui comptabilisent les prélèvements et les injections, ainsi que grâce à certains onduleurs de panneaux photovoltaïques, qui mesurent précisément la production de l'installation (Contributeurs aux projets Wikimedia, 2023).

Le développement des compteurs doubles flux, imposé en Wallonie pour les nouvelles installations (Wallex, 2023b) et la valorisation de l'autoconsommation pour le tarif d'injection, donne du sens à ces modules de monitoring. L'objectif wallon de massification des compteurs doubles flux, 100 % pour le début de 2030, d'après Mme Hoogstoel, va ouvrir la voie à un développement du monitoring dans les prochaines années (Hoogstoel, 2024). En analysant l'échantillon de prosumers de mon sondage, il apparaît que 35 % des répondants utilisent une application de monitoring. Il apparaît aussi que 69 % des répondants ont un compteur électromécanique.

Avez-vous adopté des comportements de consommation particuliers depuis l'installation de vos panneaux photovoltaïques ? (plusieurs réponses possibles)

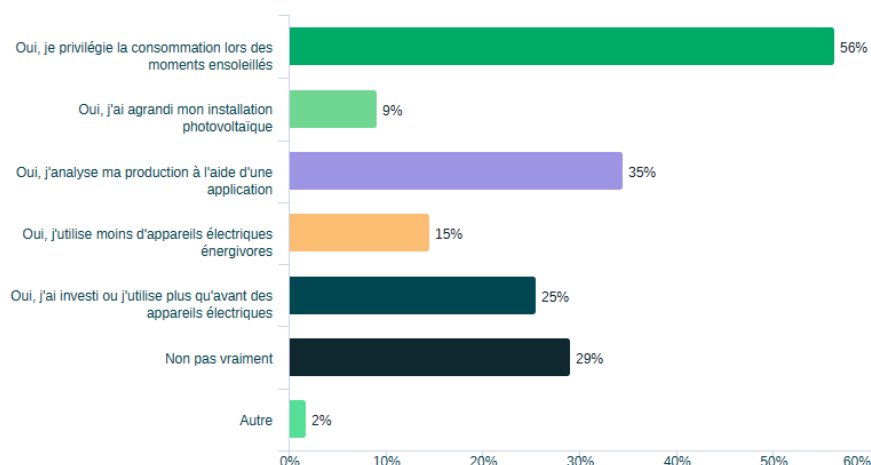


Figure 24 : Comportements adoptés par les prosumers interrogés par rapport à leur installation

Le domaine du numérique est un enjeu de transition belge et européen (Diplomatie Belgique, 2023). Le concept de numérique responsable ou green IT est défini comme :

« L'ensemble des technologies de l'information et de la communication dont l'empreinte économique, écologique, sociale et sociétale a été volontairement réduite et / ou qui aident l'humanité à atteindre les objectifs du développement durable » (Green IT, 2020).

Il faut différencier le green IT et le IT for green, tous deux sont des pratiques de responsabilité numérique, mais le premier vise à responsabiliser le numérique, l'autre à s'en aider pour responsabiliser d'autres domaines (Delacauw, 2022).

L'accès à des applications de monitoring n'est pas évident pour tous. Tout au moins en Province de Namur, les compétences numériques décroissent sensiblement en fonction de la tranche d'âge (SOPDT, 2023).

Compétences numériques de base ou avancées, 2023

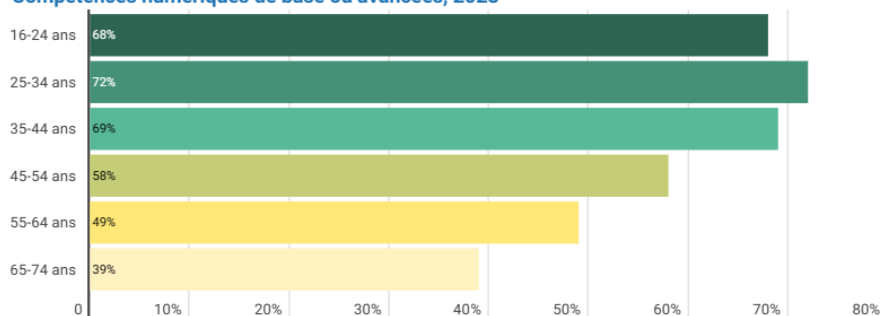


Figure 25 : Compétences numériques de base ou avancées en fonction de la tranche d'âge en province de Namur (SOPDT, 2023)

Il apparaît dans l'échantillon récolté grâce au sondage que le pourcentage de prosumers qui utilisent une application de suivi décroît en fonction de leur tranche d'âge, des plus jeunes aux plus âgés. La faible représentation de certaines tranches d'âge (surtout les tranches 20-30 et 70-80 ans) nuance la fiabilité de ces données.

L'intérêt pour l'autoconsommation, lui, est constant, voire en augmentation d'une tranche d'âge à l'autre, du plus jeune au plus âgé. Il apparaît donc que la fracture numérique est un frein potentiel à l'autoconsommation.

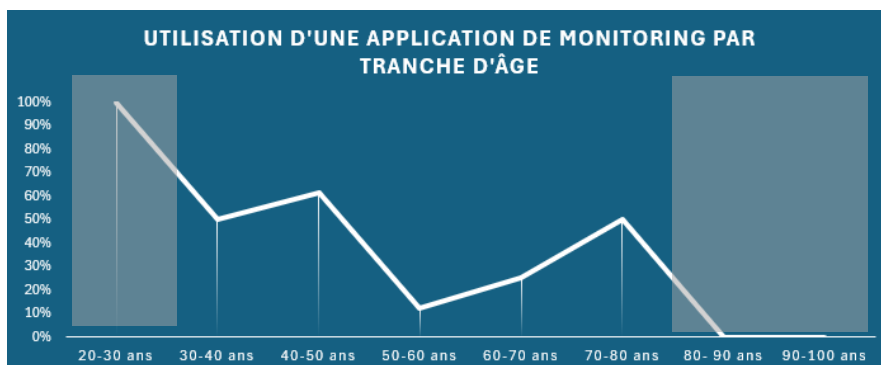


Figure 26 : Pourcentage d'utilisation d'une application de monitoring des prosumers répondeurs, en fonction de leur tranche d'âge

Croisement : Quelle est votre tranche d'âge ? / Êtes-vous attentifs à votre taux d'autoconsommation ? (La proportion de votre production que vous consommez, plutôt que de la renvoyer sur le réseau)

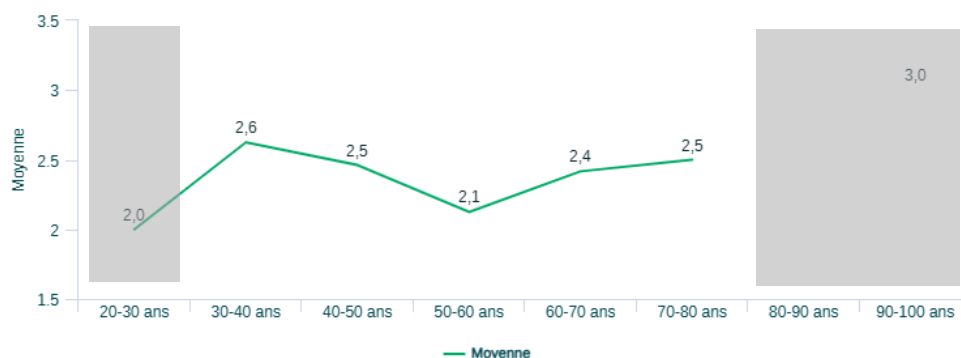


Figure 27 : Intérêt moyen à l'autoconsommation des prosumers répondeurs en fonction de leur tranche d'âge

4.2.6. INFORMATIONS ET DÉSINFORMATIONS

Pour adopter des comportements spécifiques relatifs à leur installation photovoltaïque, il semble impératif que les propriétaires soient informés sur le fonctionnement de la réglementation du marché photovoltaïque qui les concerne.

Les Guichets Energies jouent ici un rôle très important, Mme Hoogstoel les définit comme des « couteaux suisses de l'information sur l'énergie » qui informent, entre autres, les prosumers sur leur installation (Hoogstoel, 2024). Pour les membres du Guichet Energie de Verviers, dont l'information est à la base de leur travail, il s'agit d'un des leviers à utiliser. Cependant, les prosumers qui ont un intérêt financier à autoconsommer l'ont bien compris (Guichet Energie, 2024).

Il apparaît en s'intéressant au niveau d'information des répondeurs de l'enquête que 27 % des prosumers ne connaissent pas la réglementation du marché qui les concerne. Qu'ils connaissent cette réglementation ou pas, 60 % des répondeurs disent vouloir recevoir plus d'informations sur celle-ci, alors que 9 % disent en recevoir assez, mais sans la comprendre.

Aimeriez-vous recevoir davantage d'informations sur la réglementation qui vous concerne, relative au marché de l'électricité photovoltaïque ?

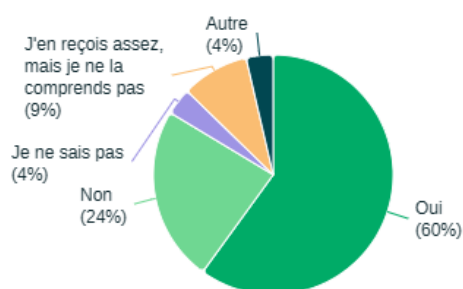


Figure 28 : Souhait des répondants de recevoir plus d'informations sur la réglementation du marché photovoltaïque qui les concerne

D'après la consultante du guichet énergie interrogée, le taux d'autoconsommation des prosumers est souvent une inconnue, ce qui freine l'augmentation de celui-ci ainsi que le dimensionnement adapté des installations domestiques (Guichet Energie, 2024).

4.2.7. LA DOMOTIQUE ET LE SMART BUILDING

Décaler sa consommation électrique pour la mettre en phase avec sa production photovoltaïque n'est pas toujours possible pour les Wallons qui doivent laisser leur maison vide en journée, par exemple. Pour Mme Hoogstoel, nos « *trains de vie* » sont un frein à l'autoconsommation, nos périodes de besoins d'électricité sont standardisées et ne sont pas en phase avec les périodes de production solaire (Hoogstoel, 2024). Comment peuvent-ils contrer le décalage entre les besoins et la production qui plafonne leur taux d'autoconsommation ? La domotique peut offrir une solution à ce problème et augmenter le taux d'autoconsommation jusqu'à 60 % (EDF, 2023).

La domotique consiste à utiliser une série de modules techniques pour piloter la consommation d'un ménage par exemple (EDF, 2023). Ces technologies peuvent prendre différentes formes. Parmi les plus basiques, on retrouve des prises programmables qui permettent de définir des plages de temps où une prise laisse passer de l'électricité (Hubo Belgique, s. d.). Des systèmes plus complexes permettent de piloter à distance et instantanément par le biais d'une application tous les appareils électriques de sa maison ainsi que de surveiller sa consommation toujours à distance. (Niko, s. d.)

En Wallonie, le décret relatif à l'octroi d'une prime pour l'installation d'équipements de mesure et de pilotage du 17 décembre 2020 (Wallex, 2020b) a instauré une prime qui vise à favoriser l'installation de systèmes domotiques. Cette prime couvre à hauteur de 40 % des coûts d'installation d'un système domotique, plafonné à 400 euro. Celle-ci est prévue jusqu'au 31 décembre 2023 (Wallex, 2020b) et a été prolongée en 2024 dans un décret voté un jour avant mon entretien avec Mme Hoogstoel (Hoogstoel, 2024). Ce levier à l'autoconsommation est donc appuyé par un incitant, sollicité au moins par les prosumers au Guichet Energie de Verviers (Guichet Energie, 2024).

4.2.8. LE STOCKAGE

Pour maximiser son autoconsommation, une autre forme de solution, qui peut être couplée à la domotique, est possible. Il s'agit des solutions de stockage, qui se divisent en plusieurs catégories.

Il est possible de stocker l'électricité produite par les panneaux photovoltaïques dans une batterie domestique. Au lieu d'être injectée, la production photovoltaïque qui n'est pas directement consommée charge une batterie. Il est ainsi possible de consommer l'électricité de cette batterie quand la production ne suffit plus, au lieu de la prélever du réseau. Cette solution n'est pas encouragée par une prime en Wallonie actuellement, Mme Hoogstoel a décrit cette solution comme « *fort chère* » et « *peu développée* » (Hoogstoel, 2024).

Une autre possibilité est de stocker de la chaleur, produite grâce à l'énergie électrique des prosumers. Grâce à un boiler électrique, l'électricité est convertie en eau chaude qui sera stockée dans un ballon d'eau chaude pour être utilisée plus tard. La production photovoltaïque étant déphasée avec le besoin d'eau chaude d'une maison (Dr Ir. V. HANUS, 2022). Cette solution de stockage a été adoptée par 7 % des prosumers répondants du sondage, contre 0 % pour les batteries domestiques.

Pour M. Thirion, le développement des batteries domestiques est un levier puissant à l'autoconsommation, à condition que les batteries soient intelligentes. Il ne faut pas se contenter, pour lui, de charger et décharger la batterie au gré des heures solaires et de consommation électrique. La batterie peut être couplée à un algorithme antidécrochage qui permet de soulager l'onduleur en cas de surtension sur le réseau. Elle servirait de réservoir de sécurité qui profiterait aussi à ses voisins en leur évitant des décrochages et à la santé du réseau, en plus d'un réservoir d'énergie pour les besoins électriques. Il s'agirait d'autoconsommation « *optimisée et intelligente* » (Thirion, 2024b).

Ces solutions sont compatibles avec un modèle de foyer où personne n'est présent en journée sans pour autant réinjecter sa production sur le réseau. Mais le prix des systèmes de batterie est un frein (Hoogstoel, 2024). Une fois de plus lors de ce travail, un facteur économique entre en jeu, relatif à un objet d'étude technique.

4.2.8.1. TECHNICO-ÉCONOMIE DES PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES : LE CAS DU STOCKAGE

Quel serait l'influence d'une politique de promotion des systèmes de stockage ? L'UE s'est lancée en 2017 dans une politique industrielle de promotion des batteries en lançant l'alliance européenne pour les batteries (European Commission, s. d.). Cette politique de promotion s'accompagne de financements et de programmes de recherches qui concernent plusieurs types de batteries, dont des systèmes de stockage domestiques (European Commission, 2021).

Pour encourager l'installation de systèmes de stockage, il est impératif que ces systèmes soient rentables pour les propriétaires. Comme démontré dans l'introduction, il est financièrement avantageux de maximiser son autoconsommation pour toute nouvelle installation à partir du 1 janvier 2024. Les systèmes de stockage permettent d'augmenter significativement son autoconsommation, mais sont coûteux et ne sont, pour rappel, pas subventionnés en Wallonie actuellement (Solvari & Solvari, 2023).

Dans quelles mesures les systèmes de stockage couplés à une installation photovoltaïque, aujourd'hui en Wallonie, sont-ils rentables ou non ? Energie Commune, avec le soutien de la Région wallonne, a développé un outil qui simule la rentabilité d'une installation photovoltaïque en fonction de caractéristiques techniques et économiques. Cet outil a servi, ci-dessous, à mettre en évidence **des données indicatives** quant à la rentabilité d'un système de stockage dans le contexte du tarif d'injection (Energie Commune, avec le soutien de la Région Wallonne, s. d.).

Les données de base utilisées pour cette simulation proviennent d'un travail réalisé au premier quadrimestre dans le cadre du cours de « production décentralisée et stockage de l'énergie ». Ces dernières ont été validées par M. Hanus. Les fichiers Excel produits dans ce cours visaient à déterminer le taux d'autoconsommation de trois systèmes de stockage à partir de consommations électriques moyennes et de données de production solaire générées grâce à PVgis (Commission européenne, 2024). Certaines données complémentaires ont été utiles. Les fichiers produits dans le cours de stockage sont annexés à ce travail.

Consommation annuelle	Redevance annuelle	Prix de l'électricité prélevée	
4757 kWh ¹	50 € ²	0.35€/ kWh ²	
Puissance panneaux (DC)	Puissance de l'onduleur (AC)		Inclinaison
6 kWc ³	5 kVA ³		35 ° ³
Prix de revente de l'injection			
0.02 €/ kWh ²			

Tableau 1 : Données utilisées dans le simulateur

Le taux d'autoconsommation et le prix de l'installation sont les variables déterminées ci-dessous.

Les hypothèses de calcul du simulateur sont les suivantes :

- « -Nombre d'années de fonctionnement de l'installation : 25 ans.
- Une perte de rendement forfaitaire de 0.5%/an est considérée pour prendre en compte la diminution progressive de la production due au vieillissement de l'équipement. Ceci représente une valeur très typique pour la plupart des technologies de panneaux photovoltaïques.
- La ressource solaire est estimée sur base des données fournies par PVGIS pour le cas de Namur, capitale de la Wallonie. Cela correspond à une irradiation solaire annuelle sur plan horizontal de 1200 kWh/m2-an.
- La performance de l'installation photovoltaïque correspond à un Performance Ratio (PR) de 85%, ce qui représente un ratio de performance typique en Belgique avec des ombrages faibles.
- Taux d'inflation générale: 2,5 %/an.
- Taux d'augmentation des prix de l'électricité: 2,5 %/an.
- Taux d'actualisation des investissements: 2%/an.
- Taux de réinvestissement des cash flows: 2%/an.
- Coûts opération et maintenance: 50 euros/an.
- Coûts changement onduleurs: 275 euros/kVA après 12 ans. » (Energie commune, avec le soutien de la Région Wallonne, s. d.).

¹ Consommation moyenne de l'exemple de l'introduction

² Données indicatives par défaut du simulateur

³ Données provenant de l'exercice en annexe

4.2.8.2. CAS INDICATIF

Le taux d'autoconsommation établi dans le fichier Excel produit durant le cours de stockage est de 60 %. Pour le prix de l'installation, un prix indicatif de l'installation fictive de 6 kWc avec un onduleur de 5 kVA a été déterminé. Pour cela, un schéma de coût moyen d'une installation photovoltaïque produit dans le cadre d'une analyse technico-économique a été utilisé (Calderon Perez & Hoyois, 2021). Le coût estimé de cette installation est de 7 000 euros, auquel il faut ajouter le coût de la batterie.

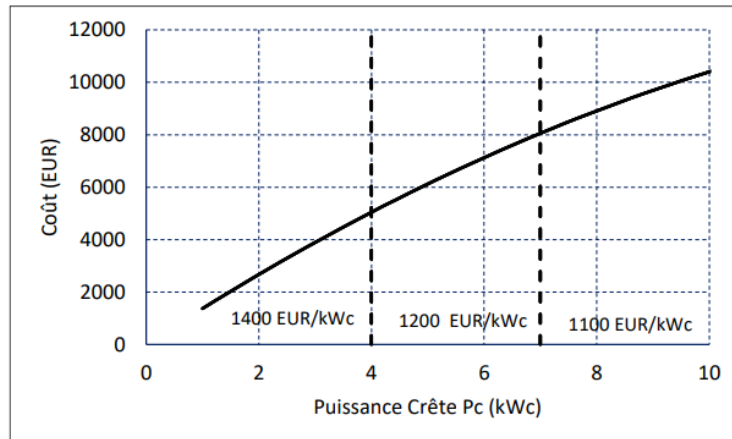


Figure 29 : Coût moyen d'une installation photovoltaïque en Wallonie (Calderon Perez & Hoyois, 2021)

Le coût de la batterie a été estimé selon le modèle utilisé durant le travail pratique qui a produit le fichier Excel. La batterie choisie est un modèle onéreux, mais avec le plus de cycles de charge et la plus grande durée de vie du marché. Ce modèle de 13,5 kWh de capacité de stockage et d'une puissance de 5000 W, pour un rendement de 90 %, est la batterie Powerwall 2 du constructeur Tesla (Tesla, s. d.). Son coût estimé, main d'œuvre et TVA comprise, est de 9 075 euros (Pierret, 2019). Le coût total indicatif pour atteindre les 60 % d'autoconsommation de cette façon, sans aide de l'Etat est donc de 16 075 euros.

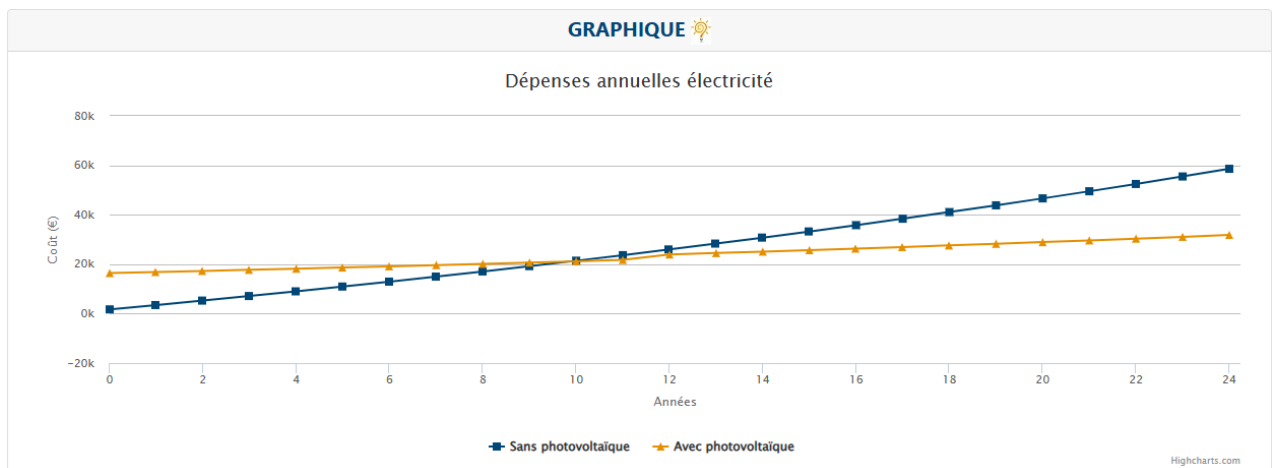


Figure 30 : Schéma de résultats du simulateur, dépenses annuelles en électricité, avec et sans panneaux

Dans ce cas de figure, la durée de vie considérée pour des panneaux photovoltaïques peut être de 25 ans (Enr, 2024). La batterie, elle, est garantie 10 ans par le constructeur, mais son temps de vie est difficilement estimable (Pierret, 2019). Le temps de retour sur investissement est de 10 ans et la VAN sur 25 ans est de 25 556 euros (Energie Commune, avec le soutien de la Région Wallonne, s. d.).

De l'eau chaude sanitaire peut être produite via l'électricité produite par des panneaux photovoltaïques et stockée dans un ballon d'eau chaude. Ce système permet d'augmenter l'autoconsommation du système photovoltaïque, l'eau étant chauffée puis stockée. Ce système peut être couplé à une batterie domestique pour encore plus d'autoconsommation (Dr Ir. V. HANUS, 2022).

4.2.9. LES POMPES À CHALEURS

Une pompe à chaleur est un dispositif alimenté électriquement et qui fournit de la chaleur sur base de calories qu'elle récupère d'une source froide et de la source électrique. Le couplage d'une pompe à chaleur et de panneaux photovoltaïques est pertinent, car il permet de fournir de la chaleur entièrement renouvelable avec des rendements très intéressants. Ce couplage permet également une augmentation du taux d'autoconsommation d'une installation photovoltaïque : de la chaleur est produite avec l'excédent de production, qui peut être éventuellement stockée (Terrier, 2022).

15 % des répondants au questionnaire ont investi dans une pompe à chaleur après l'installation de leurs panneaux photovoltaïques. Parmi eux, 63 % sont très attentifs à leur taux d'autoconsommation.

Les pompes à chaleurs sont valorisées par une prime en Wallonie selon *l'arrêté du Gouvernement wallon instaurant un régime de primes pour la réalisation d'un audit, de ses rapports de suivi des travaux et des investissements économiseurs d'énergie et de rénovation d'un logement* (Wallex, 2019) pour les installations datant d'avant le 1er juillet 2023 et selon *l'arrêté du Gouvernement wallon instaurant un régime d'aides accordées pour la réalisation d'investissements économiseurs d'énergie et de rénovation d'un logement* (Wallex, 2022b) pour les installations postérieures au mois de juillet 2023. Mme Hoogstoel a parlé, lors de son entretien, du fait que les pompes à chaleur perdent de leur intérêt dans une maison mal isolée. Il y a donc un travail d'isolation qui est en amont parfois nécessaire. C'est pourquoi ces primes sont couplées, si besoin, à des primes de rénovation. Des prêts à 0 % d'intérêt peuvent aussi être contractés pour l'installation d'une pompe à chaleur (Hoogstoel, 2024).

4.2.10. IMPORTANCE DES AVANTAGES ET DES PRIMES

Tous ces leviers peuvent être accentués par leur promotion. La création d'incitants est une des deux solutions avancées par Mme Hoogstoel (Hoogstoel, 2024). Les primes sont un moyen de les rendre attractives pour les propriétaires d'installations domestiques.

Ces primes sont des objets de la réglementation du marché photovoltaïque qui exercent une influence sur le comportement des propriétaires domestiques. Les certificats verts ont constitué une incitation évidente. 38 % des répondants de l'enquête ont bénéficié de primes ou d'avantages pour leur installation, parmi lesquels 71 % ont bénéficié de certificats verts. Les motivations des prosumers à installer des panneaux sont aussi marquées par la recherche de rentabilité, notamment par le biais des incitants financiers.

Quels arguments ou éléments spécifiques ont joué un rôle dans l'installation de vos panneaux photovoltaïques

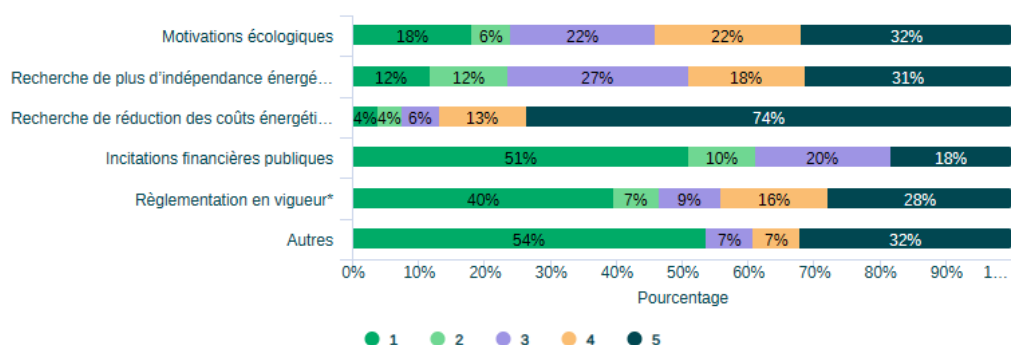


Figure 31 : Répartition des motivations à l'installation des prosumers répondants de l'enquête

Il s'agit donc d'un levier à l'installation de panneaux, mais qu'en est-il de l'autoconsommation ? 75 % des répondants n'ont pas installé d'équipements couplés à leurs panneaux. Des incitants existent pourtant pour ces équipements et sont des leviers à l'autoconsommation. Encore faut-il que les prosumers concernés aient un intérêt à l'autoconsommation.

Avez-vous investi dans des équipements couplés à vos panneaux photovoltaïques après leur installation ?

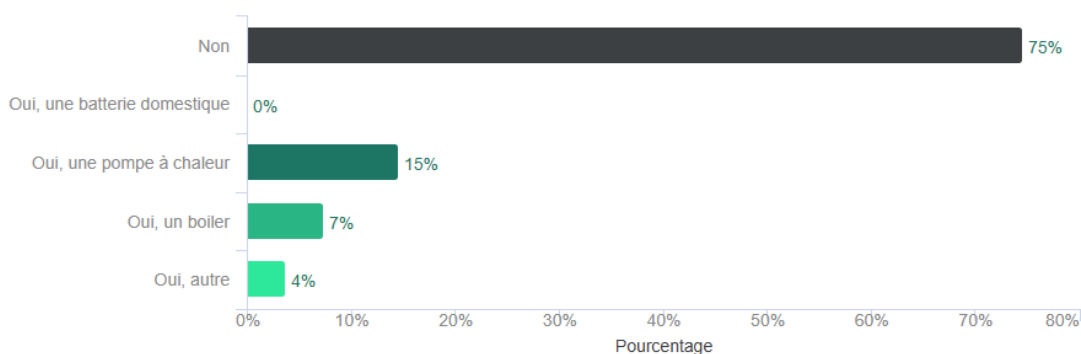


Figure 32 : Répartition des investissements des prosumers répondants

Pour la consultante du Guichet Energie, l'autoconsommation comporte un intérêt financier pour les prosumers soumis au régime de compensation dans un cas de figure : celui des décrochages (Guichet Energie, 2024).

4.2.11. LES LIMITES TECHNIQUES DE L'AUTOCONSOMMATION

M. Thirion, de l'ASBL Beprosumer a expliqué qu'il existait un frein très important à l'autoconsommation, une limite technique au concept. Il a exposé un exemple :

Dans une maison raccordée en courant triphasé, qui possède des panneaux solaires raccordés à un onduleur monophasé.

Le courant monophasé est composé d'une phase et d'un neutre, comme dans une prise domestique classique. Le courant triphasé, lui, utilisé pour les plus gros besoins en puissance, se compose d'un fil neutre et de trois phases. Ce raccordement dépend des maisons et des besoins, en fonction du cas de figure (Totalenergies, s. d.).

Les occupants de cette maison constatent qu'ils sont confrontés à des problèmes de décrochages et qu'ils perdent donc une partie de leur production. La réponse du gestionnaire de réseau est la suivante : il incite les prosumers à autoconsommer, à consommer pendant les heures où de l'énergie solaire est produite car le décrochage est causé par une surtension due à l'injection d'électricité sur le réseau par l'onduleur. Mais cette solution est limitée : le problème est que deux des trois phases ne sont pas raccordées à l'onduleur. Consommer du courant sur une des deux phases qui n'est pas connectée à l'onduleur n'a aucun effet sur la surtension de celui-ci !

Il existe plusieurs types d'autoconsommation, trois d'après M. Thirion et l'ASBL Beprosumer (Thirion, 2024b) :

Le premier est l'autoconsommation comptable. C'est un chiffre, un pourcentage. Sur base annuelle, c'est le taux d'autoconsommation. Les trois phases sont confondues si le compteur est raccordé en triphasé, ce qui veut dire que consommer sur une phase et produire la même chose sur une autre revient au même que de tout faire sur une seule et que donc, ce « type d'autoconsommation », ce pourcentage cumulé, néglige l'aspect technique évoqué plus haut. C'est ce chiffre qui permet éventuellement une baisse du tarif prosumer s'il est supérieur à 37,76 %.

Le deuxième type est technique, c'est-à-dire autoconsommer en prenant soin de consommer sur la phase sur laquelle l'onduleur est raccordé, dans le cas d'un raccordement triphasé. C'est ce type d'autoconsommation qui est efficace contre les décrochages, dans l'exemple évoqué.

Le troisième type d'autoconsommation est direct. C'est l'autoconsommation qui consomme directement l'énergie produite par le soleil ou qui utilise un système de stockage. L'autoconsommation technique est directe mais spécifique au triphasé. L'autoconsommation comptable n'est pas directe, car elle est calculée sur base annuelle.

Le concept d'autoconsommation dans sa globalité reste, pour M. Thirion, le meilleur levier contre les décrochages (Thirion, 2024b).

4.2.12. LES DÉCROCHAGES

Comme évoqué plus haut, lors de l'entretien mené au Guichet Energie de Verviers, un levier pour favoriser l'autoconsommation auprès de tous les prosumers a été souligné :

« Alors le seul, enfin... le seul levier qui pourrait peut-être encourager les gens à plus autoconsommer, c'est le phénomène de décrochage. Parce que si tout le monde dans un quartier fait attention à consommer au moment où le soleil donne, aussi bien les gens qui ne sont pas neutres que ceux qui n'en n'ont pas. On pourrait peut-être dans une certaine mesure diminuer les problèmes de décrochage. » (Guichet Energie, 2024).

Les décrochages peuvent toucher tous les prosumers indépendamment du régime de réglementation, et l'autoconsommation peut entraver ce phénomène. Cette contrainte peut donc constituer un levier pour favoriser l'autoconsommation. 49 % des répondants de l'enquête menée sont confrontés, au moins rarement, à des décrochages. Pour M. Thirion, beaucoup de prosumers décrochent sans s'en rendre compte. Ce phénomène n'est pas si évident à constater (Thirion, 2024). Plus intéressant encore, l'occurrence de ce phénomène chez les prosumers répondants peut être croisée avec leur intérêt pour leur taux d'autoconsommation.

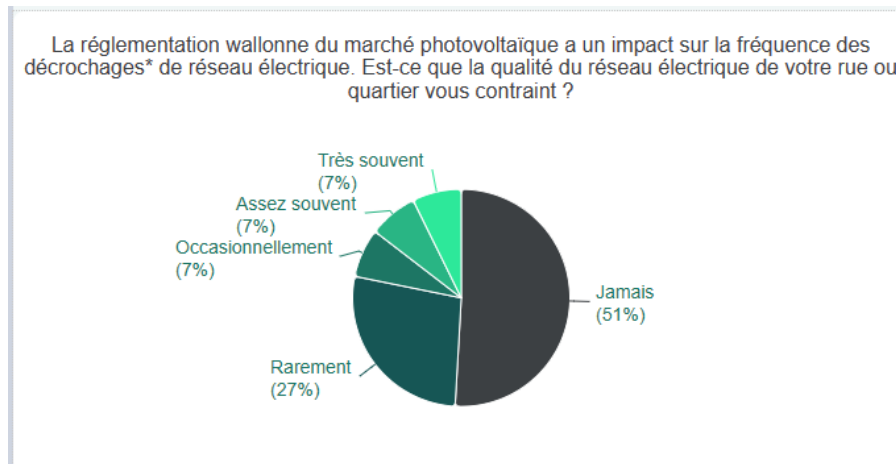


Figure 33 : Pourcentage de prosumers confrontés à des problèmes de décrochages

Ce croisement met en évidence le taux d'intérêt moyen, noté de 1 à 4 de moins d'intérêt au plus d'intérêt, en fonction de l'occurrence des problèmes de décrochage. Les prosumers de l'échantillon collecté les plus contraints par le phénomène de décrochage sont aussi significativement ceux qui ont, en moyenne, le moins d'intérêt pour leur autoconsommation.

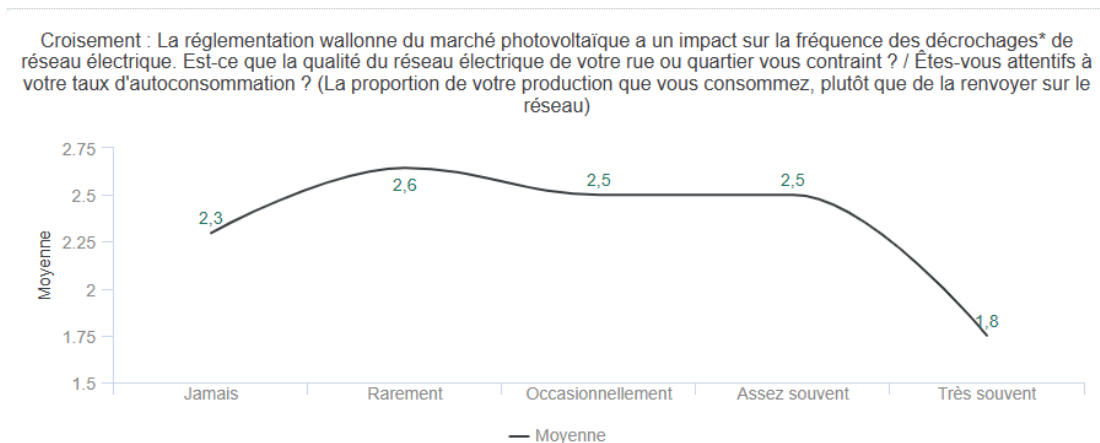


Figure 34 : Taux d'intérêt à l'autoconsommation, en fonction de la fréquence de décrochages chez les prosumers répondants

Il apparaît aussi que l'autoconsommation n'est pas le seul facteur. Mme Hoogstoel, lors de son interview, a parlé de la qualité du réseau. Elle a expliqué que le réseau wallon, assez ancien, n'a pas été prévu pour une production décentralisée, provenant de nombreux points intermittents, comme le sont les systèmes de production renouvelable. Pour elle, la solution n'est pas de « *remplacer les câbles trop petits par des câbles plus puissants* » mais de repenser l'utilisation du réseau et de l'adapter de façon plus dynamique (Hoogstoel, 2024).

4.3. EFFET REBOND

L'effet rebond mis en évidence dans l'étude économique datant de 2019 présentée dans l'état de l'art (Gautier, A. et J. Jacquemin, 2019) a également été identifié par les intervenants des entretiens : le surdimensionnement des installations dans le contexte du mécanisme de certificats verts et de compensation. Le tarif prosumer a équilibré la situation, bien que la consultante du Guichet Energie ait expliqué que certains installateurs n'hésitent pas à surdimensionner les installations qu'ils vendent et à placer des pompes à chaleur ou d'autres équipements pour consommer le surplus de production. Et ce, même dans des maisons peu adaptées, trop peu isolées par exemple (Guichet Energie, 2024).

Une question du sondage s'intéresse à la consommation électrique des prosumers répondants. 29 % d'entre eux ont augmenté leur consommation électrique depuis l'installation de leurs panneaux photovoltaïques, 63 % ont installé leurs panneaux avant l'instauration du tarif prosumer. 48 % n'ont pas changé la quantité d'électricité consommée.

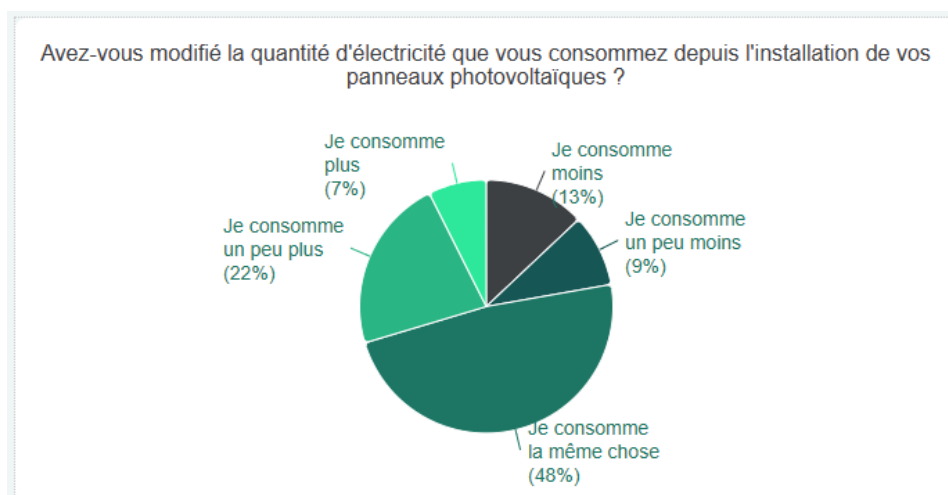


Figure 35 : Evolution des consommations des prosumers répondants depuis l'installation de leurs panneaux

En croisant ces données avec la tranche d'année d'installation, de 1 à 5 (1 étant : « je consomme moins » ; 3 : « je consomme la même chose » et 5 : « je consomme plus »), il apparaît que la tranche de prosumer qui a le plus augmenté sa consommation a installé ses panneaux avant l'instauration du tarif prosumer, sauf ceux qui l'ont fait après le 1^{er} octobre 2020. Ces derniers y sont soumis depuis lors.

Croisement : Quand avez-vous installé vos panneaux photovoltaïques ? / Avez-vous modifié la quantité d'électricité que vous consommez depuis l'installation de vos panneaux photovoltaïques ?

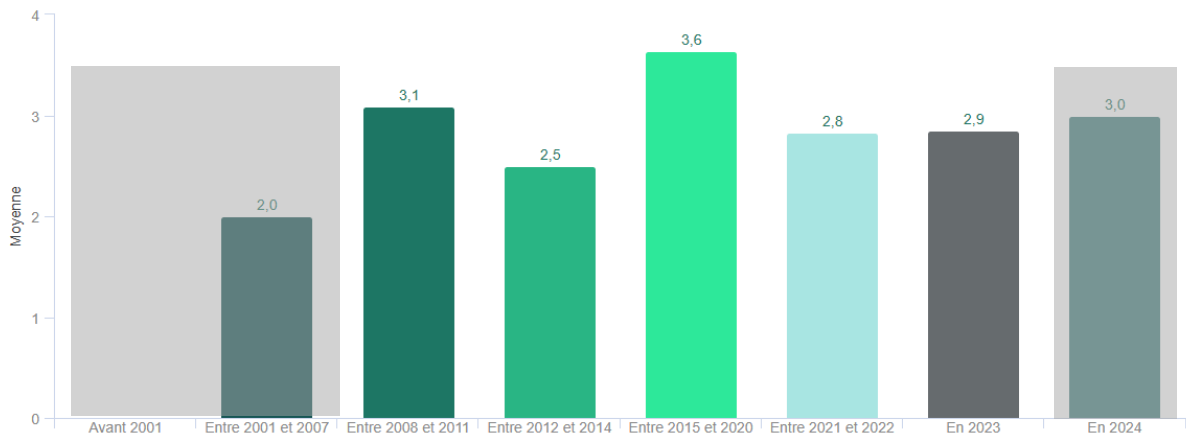


Figure 36 : Evolution des consommations des prosumers répondants depuis l'installation de leurs panneaux en fonction de l'année de leur installation

Augmenter sa consommation durant les périodes de production augmente le taux d'autoconsommation en baissant les injections d'énergie sur le réseau. Cette consommation n'est pas facturée. Augmenter son taux d'autoconsommation peut même faire économiser de l'argent. Depuis 2020, le mécanisme de compensation est couplé au tarif prosumer. Le tarif prosumer proportionnel prévoit une baisse du tarif prosumer pour les prosumers qui autoconsomment plus de 37,76 % de leur production annuellement. Il existe donc des cas de figure où consommer de l'électricité, même sans en avoir besoin, fait baisser le prix du tarif prosumer. Cette possibilité est envisageable pour 44 % des répondants. Une analyse économique plus poussée serait nécessaire pour déterminer si cette opération peut s'avérer rentable.

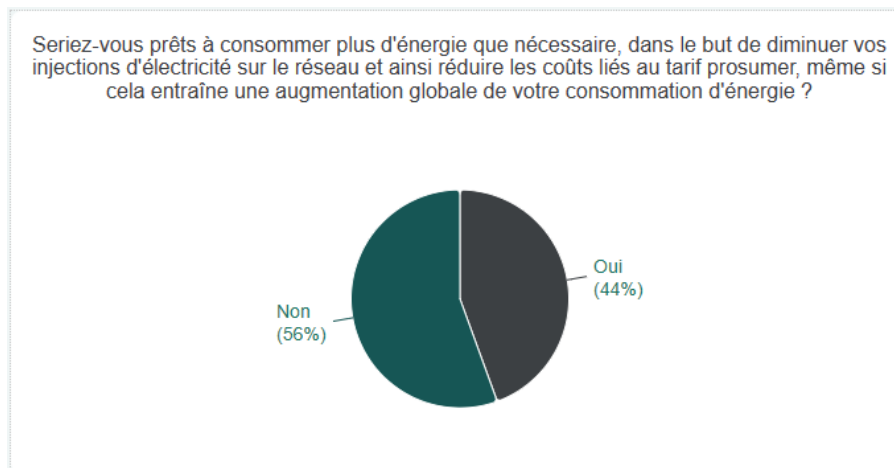


Figure 37 : Pourcentage des répondants prêts à consommer plus d'énergie que nécessaire

L'économie, au-delà d'être un facteur indispensable, prime sur l'écologie et l'utilisation rationnelle de l'énergie pour un nombre non négligeable de prosumers répondants. Sur ces 44 %, la moyenne de la motivation écologique à l'installation des panneaux photovoltaïques, notée de 1 à 5 (du moins au plus d'intérêt) est de 3,7. L'argument « réduction des coûts de l'énergie » lui est en moyenne de 4,5.

4.4. MOUVEMENTS DE MASSES ET MÉCONTENTEMENT

À la question « Quels arguments ou éléments spécifiques ont joué un rôle dans l'installation de vos panneaux photovoltaïques ? », un prosumer répondant a écrit : « *Tout le monde en met donc...* ». Ce propriétaire a installé ses panneaux entre 2015 et 2020 et a été motivé par un effet de groupe.

La fin du système de compensation pour les nouvelles installations en Wallonie a créé un engouement à l'installation, avant l'entrée en vigueur de la nouvelle réglementation. De même, le mécanisme des certificats verts a largement boosté l'installation de panneaux photovoltaïques chez les particuliers, tant que ce système fut rentable. La consultante du Guichet Energie a constaté directement ces phénomènes : les fréquentations du guichet et la quantité de questions posées, relatives aux panneaux photovoltaïques varient en fonction du contexte, de la réglementation (Guichet Energie, 2024).

La guerre en Ukraine et la crise énergétique que cette guerre a engendrée chez nous ont poussé des gens qui ne s'y étaient pas encore penchés, à s'intéresser à l'énergie photovoltaïque. Cette crise a poussé les Wallons à consommer moins d'électricité du réseau, soit en se mettant à en produire, soit en diminuant leur consommation ou les deux (Guichet Energie et Hoogstoel, 2024).

Dans leur Guichet Energie, les consultants ont été au premier plan du mécontentement des prosumers, mécontentement relatif à la réglementation du marché, par exemple, lors de la fin du plan Soliwatt et la réduction du temps d'octroi des certificats verts (Guichet Energie, 2024). L'ASBL Beprosumer a d'ailleurs vu le jour dans ce contexte, en 2013, comme me l'a expliqué M. Thirion (Thirion, 2024). Beprosumer a plaidé en faveur des 16 000 prosumers lésés par la réduction du temps l'octroi des certificats verts devant le tribunal de première instance de Liège. L'ASBL est aujourd'hui favorable à l'harmonisation des tarifs qui diffèrent en fonction de la région d'habitation des prosumers. Elle plaide aussi pour la défense des prosumers dans le cadre des problèmes de décrochages (BEPROSUMER, 2023).

Les prosumers qui savaient comment leur production électrique était valorisée ont été invités dans le sondage à donner leur avis sur la façon dont leur production était valorisée. 27 % ne sont pas du tout satisfaits et 25 % se disent plutôt non satisfaits. Ces résultats ont ensuite été croisés avec les années d'installation des panneaux.

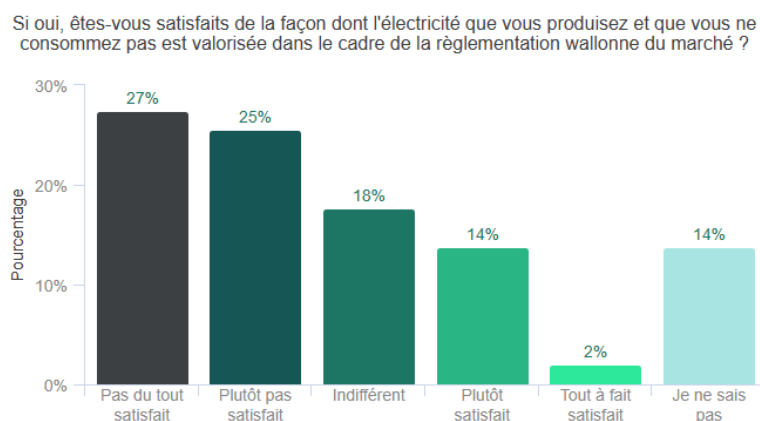


Figure 38 : Satisfaction des prosumers vis-à-vis de la réglementation du marché

La moyenne de satisfaction (relative à la valorisation de la production des répondants) est notée de 1 à 5 du moins au plus de satisfaction et est ci-dessous croisée avec la tranche d'année d'installation des panneaux photovoltaïques des prosumers. Les plus satisfaits sont ceux qui sont propriétaires depuis 2023, les 2ème plus satisfaits sont ceux qui ont installé leurs panneaux photovoltaïques entre 2012 et 2014.

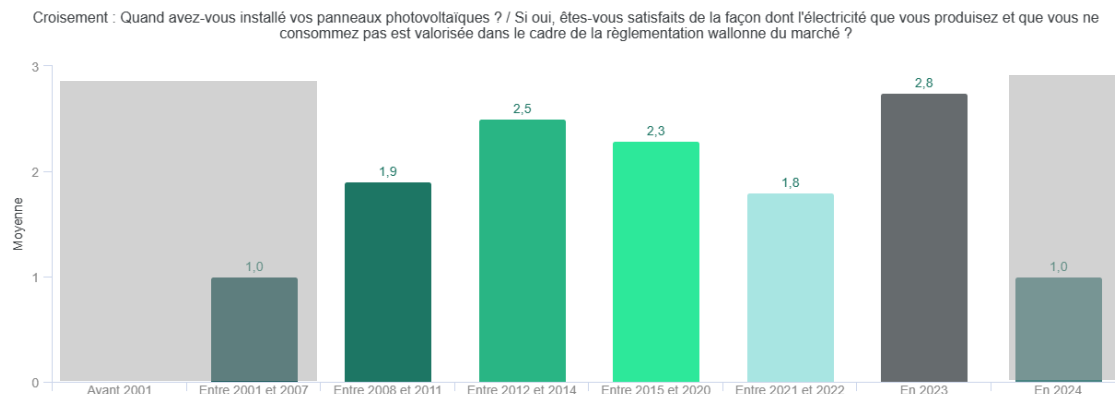


Figure 39 : Satisfaction des prosumers vis-à-vis de la réglementation du marché en fonction de la tranche d'année d'installation de leurs panneaux

Sans tenir compte des différentes primes et avantages, il apparaît que ce taux moyen de satisfaction ne coïncide pas avec la moyenne du gain financier en fonction de la tranche d'année d'installation. La tranche qui a le plus gros gain financier annuel n'est pas la plus satisfaite de la réglementation. C'est aussi cette tranche qui a le plus augmenté sa consommation électrique depuis l'installation de ses panneaux (voir *figure 36*).

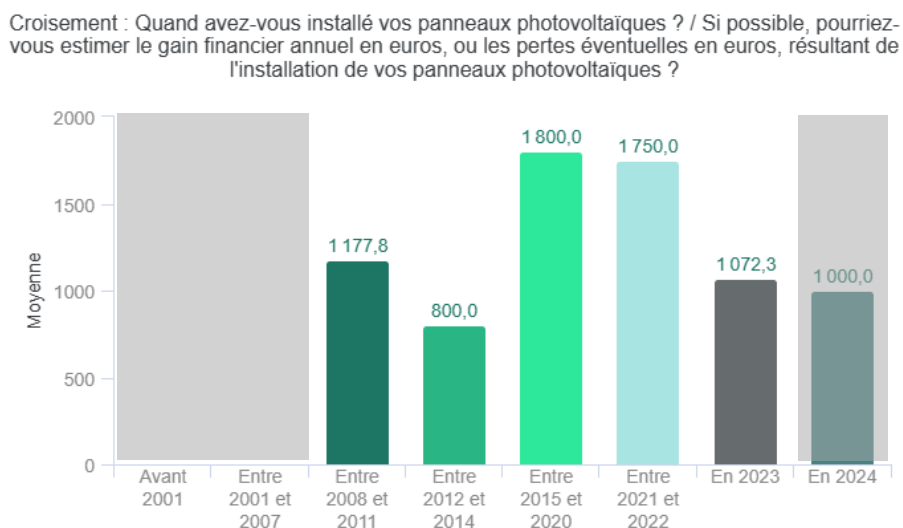


Figure 40 : Gain financier annuel moyen des prosumers répondants en fonction de l'année d'installation de leurs panneaux

Le 4 mars 2024, la ministre flamande de l'énergie Zuhal Demir a déposé un recours en annulation devant le Conseil d'Etat contre le mécanisme de compensation wallon. Ce mécanisme est supprimé en Flandre depuis 2021 et est maintenu en Wallonie jusqu'au 29 décembre 2029, ce que la ministre trouve injuste (RTL Info, 2024). Il s'agit d'une autre controverse autour de la tarification du photovoltaïque wallon. Elle engendrerait beaucoup de mécontentement auprès des prosumers Wallon, si le recours en annulation aboutissait d'après les consultants du Guichet Energie de Verviers (Guichet Energie, 2024). Les influences de ce changement sur la consommation électrique des Wallons seraient néanmoins intéressantes à analyser a posteriori.

4.5. LES MOTIVATIONS À L'INSTALLATION

D'après Mme Hoogstoel, la contrainte et l'incitation sont les 2 seuls leviers pour changer les comportements des prosumers (Hoogstoel, 2024). Pour le Guichet Energie, la motivation des prosumers est l'argent et minoritairement la conscience écologique, par exemple (Guichet Energie, 2024). L'argument qui a le plus motivé les prosumers de l'enquête est la recherche de réduction des coûts de l'énergie. Les prosumers qui ont le plus été motivés par cette réduction des coûts d'énergie, ceux qui ont noté cette motivation entre 3 et 5 sur 5, n'ont en moyenne pas changé leur quantité d'électricité consommée depuis l'installation de leurs panneaux.

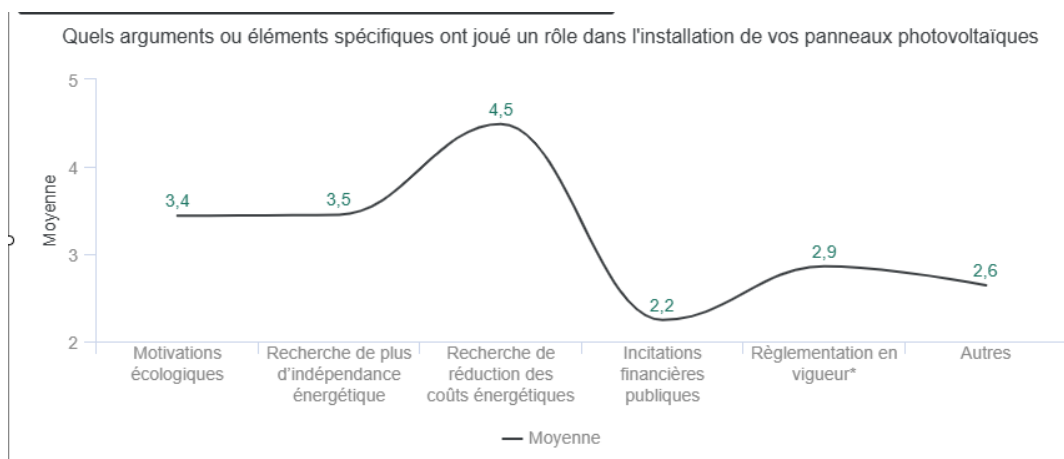


Figure 41 : Les arguments qui ont motivé les prosumers répondants à installer des panneaux photovoltaïques

Parmi les autres motivations évoquées, la plupart concerne des facteurs économiques assez liés à la réglementation. Deux sont particulières. La première a déjà été mentionnée plus haut ; elle concerne un effet de groupe qui a motivé la pose de panneaux. La deuxième n'est pas directement liée à un facteur économique et est surtout complètement indépendante du régime de réglementation du marché photovoltaïque.

« Nous avons opté pour des panneaux intégrés à la toiture à cette époque mal en point, pour assurer une certaine étanchéité à cet endroit précis ».

Cette motivation n'est liée à aucun phénomène récurrent ou à aucun mécanisme de réglementation du marché. Des motivations étrangères aux tendances peuvent exister, la contrainte ou l'incitation n'en sont pas forcément le moteur.

4.6. ANALYSE TRANSVERSALE

Face à une série de constats issus de l'analyse ci-dessus, l'importance d'une analyse transversale s'est dégagée. Il semble à ce stade impératif de mettre en parallèle des constats qui semblent contradictoires ou méritant une analyse plus poussée. Comme celui du point 4.4. qui décrit que, dans l'échantillon de prosumers sondés, le taux de satisfaction des prosumers n'est pas proportionnel à leur gain monétaire. Partant de ce constat, ce chapitre se penche également sur les affirmations récoltées au Guichet Energie et auprès de Mme Hoogtoel selon lesquelles l'argent, la contrainte, l'incitation sont les moteurs de l'influence de la réglementation du marché sur les prosumers (Guichet Energie et Hoogtoel, 2024).

Le témoignage du prosumer affirmant avoir suivi un effet de groupe pour installer ses panneaux photovoltaïques constitue-t-il un contre-exemple ? Ou cristallise-t-il l'existence d'un vaste phénomène à mettre en lien avec d'autres ? Ces questions, entre autres, justifient l'existence de ce chapitre.

4.6.1. INERTIE DE L'ÉNERGIE

Jean-Baptiste Fressoz, historien des sciences français, met en évidence dans une de ses publications l'existence d'une certaine inertie du secteur énergétique, à l'échelle mondiale. Cette inertie est un grand frein aux changements systémiques du secteur énergétique, selon lui (Fressoz, 2023).

Il semble que les comportements individuels liés à la consommation d'énergie subissent eux aussi une certaine inertie. Dans un article datant de 2009, deux scientifiques mettent en évidence de puissants freins à la mise en place de politiques publiques de maîtrise de la demande énergétique, liés à une certaine inertie comportementale. (Beslay & Zélem, 2009)

« En fait, les pratiques sociales de l'énergie s'inscrivent dans des systèmes sociotechniques qui articulent des dispositions individuelles et collectives, des dispositifs techniques (micro et macro systèmes techniques) et des dynamiques sociales (du domestique au politique). C'est dans les différents éléments constitutifs de ce triptyque et dans leurs formes combinatoires qu'il nous faut chercher les raisons de l'inertie des pratiques énergétiques. » (Beslay & Zélem, 2009)

Cette inertie est mise en évidence dans cet article pour les grands postes de consommation d'un foyer classique : les consommateurs sont peu disposés à changer leurs comportements en matière d'éclairage ou de chauffage. En tant que frein au changement de comportements relatifs à l'énergie et sa consommation domestique, il est indispensable de tenir compte de cette inertie dans le contexte de ce mémoire. Faire économiser de l'argent aux consommateurs n'est pas une solution indiscutablement efficace pour changer leurs comportements.

Cette inertie existe dans un contexte où « *consommer c'est exister* ». L'idée selon laquelle le levier financier serait un des seuls leviers efficaces s'inscrit dans un certain contexte. Un paradigme de consumérisme énergétique (Beslay & Zélem, 2009).

4.6.2. LE PARADIGME DE CONSOMMATION DE L'ÉNERGIE

M. Thirion l'a souligné durant son interview dans le cadre de ce travail : les consommateurs ont une certaine vision de l'énergie et il faut le prendre en compte pour comprendre leurs comportements (Thirion, 2024b). L'électricité est omniprésente et invisible, on la consomme presque sans s'en apercevoir. Il ne faut pas savoir comment fonctionne un dispositif énergétique pour l'utiliser.

L'utilisation de ces dispositifs, l'éclairage, le chauffage et le réfrigérateur dans le cas de l'étude citée ci-dessus, entre dans le cadre d'un certain paradigme de consommation. Changer les habitudes des consommateurs semble, pour les auteurs, indissociable d'un changement de perception des postes de consommation énergétique, un changement du paradigme dans lequel l'énergie et sa consommation existent dans notre société (Beslay & Zélem, 2009).

Ceux qui ont gagné le plus d'argent ne sont pas les plus satisfaits dans le sondage, ce qui remet en question les leviers d'action financiers mis en évidence. Pour changer les comportements et ce paradigme de consommation de l'énergie, certains invoquent l'économie comportementale.

4.6.3. NUDGES ET ÉCONOMIE COMPORTEMENTALE

L'économie comportementale est une approche de l'économie qui se place en alternative de l'économie néoclassique et des limites de celle-ci à répondre aux défis environnementaux. Cette approche a pour but d'influencer le comportement d'un groupe d'individus, dans un cadre de science économique (Côté, 2018). L'économie comportementale fait écho à la nécessité de cette analyse transversale et semble en être une clé.

D'après l'économie comportementale et plus précisément la fonction de la valeur, plus les gens gagnent, moins ils sont satisfaits de leurs gains. Le nombre de prosumers répondants est trop faible dans l'échantillon récolté lors de ce travail pour recréer une fonction de la valeur. Néanmoins, ce graphique fait écho au point 4.4. de ce mémoire.

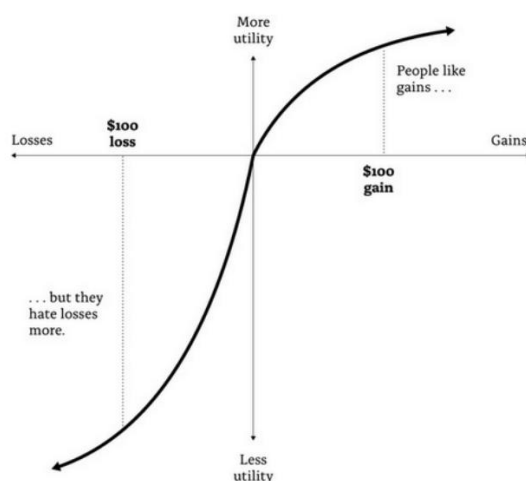


Figure 42 : Fonction de la valeur selon Kahneman et Tversky (Côté, 2018)

Les nudges, ou coups de pouce sont des outils de l'économie comportementale. Ils constituent une alternative au couple de l'incitation et de la contrainte, une troisième voie d'action pour les pouvoirs publics. C'est une approche d'influence sur un groupe d'individus, les nudges ont les caractéristiques suivantes :

«

- *le fait de viser un objectif en particulier*
- *ils ont pour but de modifier l'architecture de choix des individus*
- *en activant une mécanique psychologique*
- *tout en laissant la liberté totale du choix à l'individu*

» (Côté, 2018).

Les nudges incitent donc aux changements de comportements. Un projet nommé « ma ville est au courant » s'inscrit directement dans ce courant : Pour réduire la consommation globale d'une ville, sept quartiers de celle-ci sont invités à participer à un concours. A l'aide de coachs et de différents outils très concrets, les quartiers se sont mis en concurrence dans l'optique de réduire le plus possible leur consommation. Le quartier ayant le mieux amélioré sa consommation globale s'est vu offrir des primes et d'autres avantages. Cette expérience a permis une réduction significative de la consommation d'énergie de la ville, sans aucun dispositif technique innovant (Dujin et al., 2012).

L'approche de la politique publique doit jouer sur plusieurs tableaux, en termes d'environnement d'une manière générale, comme souligné dans le cahier de recherche CREDOC (Dujin et al., 2012) mais également concernant le marché des photovoltaïques. Plusieurs tableaux, cela signifie que l'accompagnement matériel et technique des changements doit s'accompagner d'incitations comportementales et pas seulement financières.

4.6.4. L'EFFET DE GROUPE

Le concept d'économie comportementale fait écho au témoignage selon lequel un prosumer répondant au sondage a installé son installation parce que « *tout le monde en met* ». Ce prosumer a donc suivi un effet de groupe.

Les individus ont naturellement tendance à se conformer à des normes sociales. Une étude a démontré en 2009 qu'il était possible d'influencer la consommation d'énergie d'un foyer en informant les membres de ce foyer des consommations de ses voisins. Cette étude, faisant partie du champ de l'économie comportementale, utilise le levier des normes sociales pour induire des comportements énergétiques (Sanin et al., 2019).

Un autre levier d'action utilisant ce qui peut être synthétisé comme un effet de groupe est l'imitation des comportements valorisés. Il a été démontré qu'un comportement de consommation énergétique peut être incité s'il est jugé positivement par d'autres individus (Sanin et al., 2019).

Ces expériences renvoient aux concepts de nudges et d'économie comportementale. L'ampleur de ce phénomène auprès des prosumers est difficilement quantifiable, mais n'est pas négligeable. Ont été identifiées dans l'échantillon de prosumers de ce travail des périodes d'installation massive de panneaux photovoltaïques comme, par exemple, dans le contexte des certificats verts. Ces périodes ont sans doute été marquées en partie par ce phénomène.

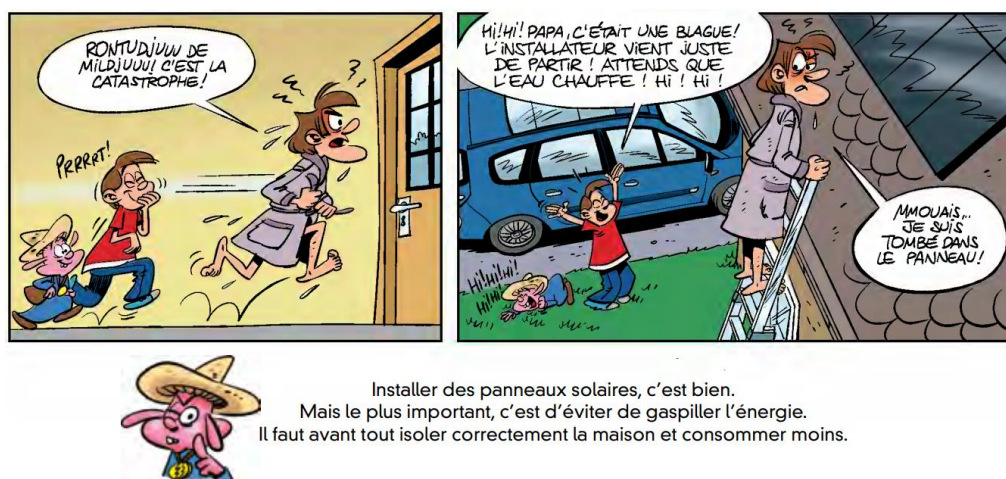
5. LA RÉGLEMENTATION

Pour mieux comprendre l'influence que la réglementation exerce sur les prosumers et leur consommation, cette partie d'analyse se penche sur cette réglementation, après avoir analysé le comportement des prosumers dans le chapitre 4. Quelle est sa raison d'être ? Comment contraint-elle les prosumers ? Quelles sont les perspectives d'évolutions futures ?

5.1. BUTS ET INTÉRÊTS DE LA RÉGLEMENTATION DU MARCHÉ

5.1.1. QUEL EST L'OBJECTIF DE LA RÉGLEMENTATION ?

Mme Hoogstoel a rappelé lors de son entretien que la meilleure énergie est celle qu'on ne consomme pas et a expliqué que le leitmotiv de son service était la sobriété (Hoogstoel, 2024). Cette logique de sobriété n'est pas portée par le SPW depuis peu. En 2009 est publiée et distribuée gratuitement par le SPW une bande dessinée sur le gaspillage de l'énergie composée de 33 planches de bande dessinée. Le principe est qu'un lutin nommé Energ'Hic, sensible au gaspillage de l'énergie, rappelle grâce à des mises en situation amusantes les bonnes pratiques de gestion de l'énergie dans un foyer wallon classique. Une des planches est consacrée à l'énergie photovoltaïque et rappelle que « *le plus important, c'est d'éviter de gaspiller de l'énergie.* » (Saive, 2009).



28

Figure 43 : Une des planches de la BD concerne les panneaux photovoltaïques (Saive, 2009)

Les Guichets Energies, qui dépendent du SPW Energie, prônent aussi cette logique (Guichet Energie, 2024). Les autorités européennes ont appuyé cette logique durant la crise énergétique qui a précédé l'invasion de l'Ukraine de 2020. Mme Hoogstoel affirme d'ailleurs que la consommation d'électricité des Belges n'est pas revenue au niveau d'avant cette guerre (Hoogstoel, 2024).

Inciter à la sobriété ne suffit pas, et ce n'est pas la seule préoccupation du SPW en matière d'énergie... L'instauration du tarif prosumer avait pour but de rendre l'utilisation du réseau plus équitable entre tous les Wallons qui en dépendent. La future indemnisation des décrochages aura pour but d'être plus juste envers les Wallons pénalisés par ce phénomène (Hoogstoel, 2024).

La réglementation wallonne du marché photovoltaïque n'a d'ailleurs pas uniquement induit des logiques de sobriété auprès des prosumers (l'apparition d'effets rebonds, par exemple). Cependant, elle a permis d'autres choses, comme le développement de panneaux photovoltaïques sur les toits des Wallons (Energie Commune, 2023). Aujourd'hui, la réglementation semble aller vers des logiques d'encouragement de l'autoconsommation, ce qui relie une série d'objectifs entre eux, de l'attention portée au réseau jusqu'à l'utilisation rationnelle de l'énergie. L'ASBL Beprosumer, qui dit sur son site soutenir « *une utilisation efficace de l'énergie solaire en Belgique* » est attentive à qui profite la réglementation et à ce que celle-ci ne lèse pas les prosumers wallons (Beprosumer, 2023).

5.1.2. A QUI PROFITE L'AUTOCONSOMMATION ?

Les intérêts de développer l'autoconsommation sont multiples et concernent plusieurs acteurs :

- Les décrochages, qui peuvent être endigués par l'autoconsommation, ont un coût important : ils privent les particuliers propriétaires concernés d'une partie de leur production. La Région wallonne propose dans un texte approuvé en première lecture l'indemnisation des propriétaires victimes de décrochages (Gouvernement wallon, 2024). Cette proposition est fortement critiquée par les gestionnaires de réseau wallons, qui estiment que le coût de cette indemnisation sera autant d'argent qui ne sera pas investi à la modernisation du réseau (RTL info, 2024). Endiguer le problème de décrochage est bénéfique pour tous les acteurs des décrochages.
- L'autoconsommation présente un intérêt financier dans le cadre du tarif d'injection, rendant les comportements adoptés en ce sens pertinents pour les prosumers concernés. Les dispositifs permettant d'augmenter ce taux peuvent profiter aux prosumers et au réseau. Même si les batteries ont un coût certain en Wallonie actuellement, l'exemple exposé dans la partie « freins et levier à l'autoconsommation » démontre qu'elles pourraient avoir un intérêt économique pour les particuliers wallons qui bénéficient du tarif d'injection. Pour les Wallons qui sont soumis au mécanisme de compensation, où le réseau sert déjà de batterie, cette solution n'est a priori pas forcément particulièrement avantageuse.
- L'autoconsommation permet aux particuliers de consommer une électricité décarbonée ainsi que de réduire la dépendance de la Belgique aux énergies fossiles. Il est tout de même important de préciser que l'augmentation de l'autoconsommation ne s'accompagne pas forcément que de bénéfices écologiques. Les batteries domestiques classiques induisent une dépendance aux terres rares contenues dans celles-ci (Fontanel, 2021). Ce n'est pas le cas de tous les moyens de stockage ni de toutes les batteries :

Les batteries thermiques à changements de phases sont un des systèmes de stockage compatibles avec une installation photovoltaïque et une alternative aux problèmes de terres rares. Elles fonctionnent en couple avec une pompe à chaleur, dont l'installation est encore encouragée par la région wallonne, quand cela est pertinent, comme l'a expliqué Mme Hoogstoel (Hoogstoel, 2024). Le principe de ces batteries est qu'au lieu d'être renvoyée sur le réseau, une partie de l'électricité produite par des panneaux photovoltaïques alimente une pompe à chaleur, dont la production de chaleur sera stockée dans une batterie.

La batterie de la marque wallonne *Destore*, prévue à la vente en 2025, n'utilise aucune terre rare, ses matériaux sont écoresponsables et circulaires (Destore, s. d.).

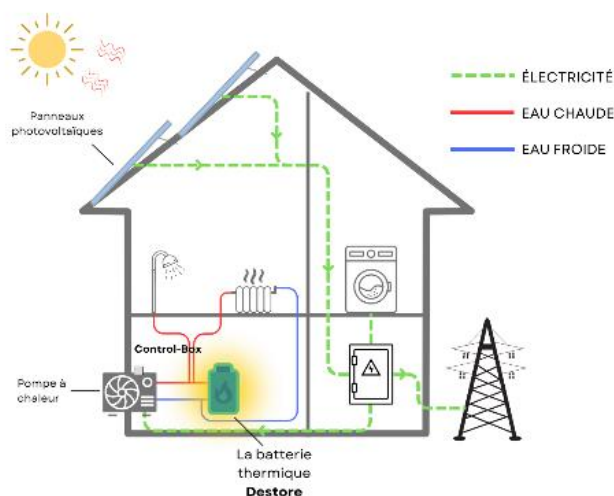


Figure 44 : Schéma de fonctionnement de la batterie Destore (Destore, s. d.)

Le stockage a un intérêt pour les Wallons qui doivent laisser leur maison vide en journée. En 2023, 1 % des foyers sont équipés d'une batterie domestique en Wallonie (Lallemand, 2023b). La Flandre, elle, comptait en 2022, d'après Fluvius, le GDR en Flandre, 52.196 batteries domestiques (Bebat, s. d.) pour 2.895.172 ménages (Statbel, s. d.) soit 1,8 % des ménages équipés. Entre 2019 et mars 2023, la région flamande a mis en place une prime pour l'installation de batteries domestiques, à hauteur de maximum 40 % de la facture totale de la batterie. Il faut dire que la Flandre a instauré le système de tarif d'injection dès janvier 2021 (Vlaanderen, Vlaamse overheid, s. d.), trois ans avant la région sud du pays (TotalEnergies, s. d.).

5.2. LA NATURE DES INFLUENCES DE LA RÉGLEMENTATION

L'influence de la réglementation peut être de différentes natures. Le cours d'introduction au droit de l'environnement, dispensé en première année du master en sciences et gestion de l'environnement, explique dans son syllabus que la typologie d'une norme juridique comprend trois types : obliger, interdire et permettre (Leprince, 2022). La réglementation du marché photovoltaïque, grâce à une série d'arrêtés et de décrets, entre autres, est encadrée par des normes juridiques, toujours sous une de ces trois formes. Ces obligations, interdictions ou permissions ont des buts distincts, qui sont de différentes natures. Au fil du temps et du changement de règles, les buts recherchés ont été différents. Les comportements des prosumers induits directement ou non par la réglementation, volontairement ou non, sont au cœur de ce travail et peuvent être analysés, parfois grâce au recul pris sur des règles obsolètes.

En 2008, le plan Soliwatt a incité l'installation de panneaux photovoltaïques pour booster la filière en Wallonie (COLLARD, 2014). Ce plan a octroyé beaucoup d'avantages aux propriétaires de panneaux photovoltaïques, ce qui a créé un engouement, qui fut même trop fort, si bien qu'un retour en arrière fut décidé (Guichet Energie, 2024). Le but fut un boost du parc photovoltaïque wallon, le résultat fut un boom du parc ainsi qu'une crise politique et un scandale régional (COLLARD, 2014).

Le plan Qualiwatt, qui a précédé le plan Solwatt, lui, a freiné l'installation photovoltaïque. Il a réduit le temps d'octroi des certificats verts de 15 à 10 ans. Le but fut de rééquilibrer le système Solwatt (COLLARD, 2014).

Entré en vigueur en 2020, le tarif prosumer oblige les prosumers à participer aux frais de réseaux afin de rendre la réglementation plus équitable vis-à-vis des autres consommateurs. Il a donc soumis les prosumers à un tarif proportionnel ou capacitaire (sauf ceux qui ont installé leurs panneaux en 2024) (Wallex, 2020a).

Ces systèmes étaient basés sur le mécanisme de compensation, qui permettait l'utilisation du réseau comme une batterie. Cette permission a mené à une utilisation inefficace du réseau et à des effets rebonds dont j'ai déjà parlé.

Depuis le 1er janvier 2024, l'arrivée du tarif d'injection a créé une incitation financière à l'autoconsommation. Ce mécanisme rompt avec le principe de compensation et de tarif prosumer et permet la revente de la production des prosumers.

Les primes et les autres incitants, comme le prêt à 0 % d'intérêt, sont des leviers financiers qui incitent ; ils ont donc un certain poids au vu de tous les éléments évoqués jusqu'ici. Les incitants ne sont pas accessibles à tous ou pertinents pour tous les prosumers.

La nature des influences que la réglementation a sur le comportement des prosumers dépend des leviers d'action à la disposition des législateurs. De nouveaux leviers vont sans doute faire leur apparition dans le futur, de nouvelles réglementations aussi.

5.3. VISION FUTURE DE LA RÉGLEMENTATION DU MARCHÉ

Dans quelle direction la réglementation wallonne du marché photovoltaïque va-t-elle ? La Wallonie sera sortie, d'après Mme Hoogstoel et les décrets en vigueur, le 1er janvier 2030, du mécanisme de compensation et équipée à 100 % de compteurs double flux (Hoogstoel, 2024). Quels éléments nous permettent d'imaginer le paysage réglementaire wallon à cette date ? Dans moins de six ans...

5.3.1. ARRIVÉES PRÉVUES

5.3.1.1. L'ÉCHANGE DE PAIR À PAIR

Dans le paysage des mécanismes de réglementation du marché photovoltaïque wallon, l'échange de pair à pair n'est pas encore légiféré. Il intéresse, pour rappel, 38 % des répondants de mon sondage. ORES sur son site nous dit que le cadre législatif n'est « *pas encore finalisé* », cette formule laisse entendre une arrivée future de ce système (ORES, s. d.-c).



Figure 45 : Schéma de l'échange de pair à pair (ORES, s. d.-c)

L'accessibilité est une condition récurrente chez les prosumers du sondage intéressés par l'échange de pair à pair. Les démarches de mise en place ne doivent pas être un frein, comme c'est le cas des communautés d'énergie. D'après Mme Hoogstoel, la complexité de mise en place d'une communauté d'énergie est un frein (Hoogstoel, 2024). Il apparaît que 24 % des répondants de l'enquête seraient, sous conditions, intéressés par le concept. Parmi les conditions, certains évoquent des facteurs de rentabilité, d'autres de facilité et d'accessibilité.

5.3.1.2. LE TARIF DYNAMIQUE

Le tarif dynamique est déjà inscrit dans le projet de la CWaPE de « *structure tarifaire applicable aux utilisateurs du réseau de distribution basse tension en Région wallonne pour les années 2026 à 2029* ». Son arrivée est donc prévue pour 2026 (CWAPE, 2024).

5.3.1.3. INDEMNISATION

L'arrivée de l'indemnisation des prosumers est aussi prévue. Elle pourrait être effective au printemps prochain d'après le SPW (Spw, 2024). M. Thirion a lui indiqué que cette indemnité fera « *très très prochainement* » parler d'elle (Thirion, 2024).

Les décrochages et la justice entre les prosumers sont un point d'orgue du travail de l'ASBL Beprosumer. M. Thirion est toujours vigilant à la défense des prosumers et aux solutions contre les problèmes auxquels ils peuvent être confrontés (Thirion, 2024).

L'indemnisation forfaitaire, approuvée en première lecture par le Parlement wallon, qui va être mise en place par la région, à charge des gestionnaires de réseaux, pour indemniser les victimes de décrochages (Gouvernement wallon, 2024) intéresse beaucoup l'ASBL. A qui va-elle profiter ? Pour M. Thirion, la forme qu'elle semble prendre va lui faire faire l'inverse de ce qu'elle devrait faire (Thirion, 2024).

En effet, la prime sera, d'après M. Thirion, octroyée aux prosumers dont l'onduleur est soumis à une tension de 251 V durant 120 minutes consécutives, sans que le gestionnaire de réseau ne règle le problème dans une période donnée, à priori 4 mois. Ces personnes seront considérées comme lésées par un phénomène de décrochage. Cette définition normée d'un décrochage est censée répondre à la grosse difficulté pour les gestionnaires de réseau de détecter un décrochage. La difficulté réside dans la quantité d'informations disponibles aux gestionnaires de réseau et dans les différences d'un onduleur à l'autre, qui rendent les prosumers inégaux face à ce problème (Thirion, 2024).

Cette définition va créer une inégalité pour M. Thirion, car certains prosumers pourront, grâce à leur onduleur à fonction spécifique, contrôler la tension de leur onduleur pour rester entre une tension de 251 et 253 V (253 V est la tension prévue dans la norme des onduleurs pour être la tension de décrochage). Ces prosumers pourront donc éviter les décrochages et, s'ils restent 120 minutes dans cette marge, toucher en plus des indemnités de décrochage. D'autres prosumers qui, eux, ont des problèmes de décrochages ne seront pas indemnisés, pour une raison technique :

Ces 120 minutes consécutives seront découpées en moyenne par quart d'heure. 8 fois la moyenne de 15 minutes. Ce qui veut dire qu'une tension de 245 V durant 10 minutes suivie d'une tension de 253 V durant 5 minutes, qui mènera à un décrochage ne sera pas comptabilisée comme telle, puisque la moyenne du quart d'heure sera de 248 V. Certains prosumers victimes de réels décrochages ne seront donc pas indemnisés (Thirion, 2024).

5.3.2. LE PACE

Le Plan Air, Climat et Energie 2030 (PACE) adopté le 21 mars 2023 par le Gouvernement wallon (Gouvernement wallon, 2023) fixe les objectifs wallons en termes... d'air, de climat et d'énergie, comme expliqué par Mme Hoogstolel dans son entretien dans le cadre de ce mémoire (Hoogstoel, 2024). Ce plan wallon est en lien avec les objectifs européens, comme le Green Deal, que la Wallonie se doit de suivre en tant que région de l'UE (Commission européenne, s. d.). Ce plan wallon comprend un objectif relatif à la production photovoltaïque annuelle, soit 5 100 GWh/an en 2030.

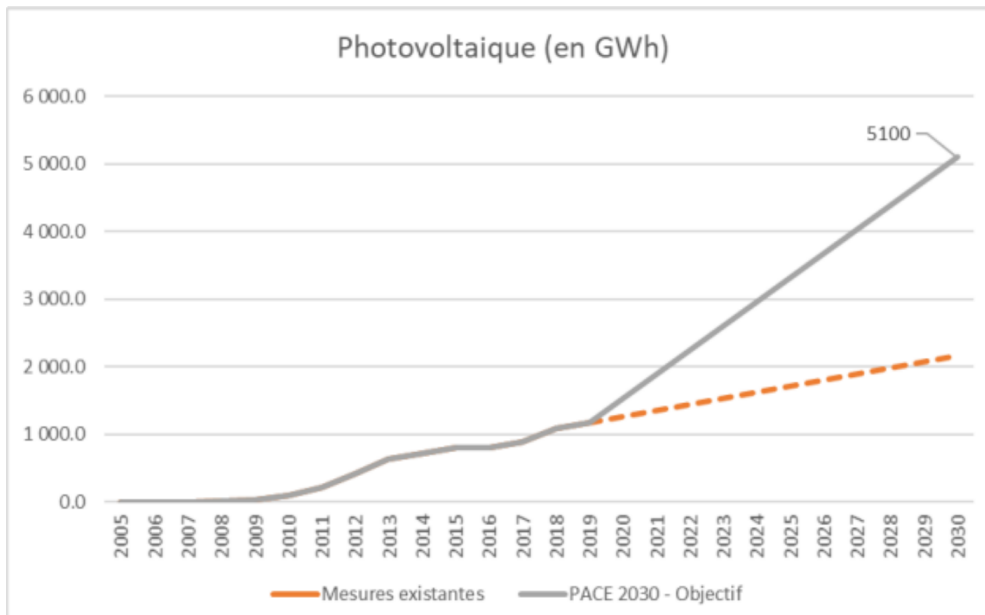


Figure 46 : L'objectif du PACE en termes de photovoltaïque (Gouvernement Wallon, 2023)

En 2023, la puissance photovoltaïque produite en Wallonie est de 1 778 GWh/an (Energie Commune, 2023), soit un chiffre bien plus proche de la courbe orange, de poursuite inchangée, que la grise, celle de la poursuite de l'objectif 2030.

Au-delà du photovoltaïque, la Wallonie s'est fixé des objectifs en termes d'énergie et de la part de renouvelable dans sa consommation finale d'énergie. Le PWEC, ou Plan Wallon Energie Climat, est un document d'objectifs, antérieur et qui a servi de base à la rédaction du PACE (Gouvernement wallon, 2019).

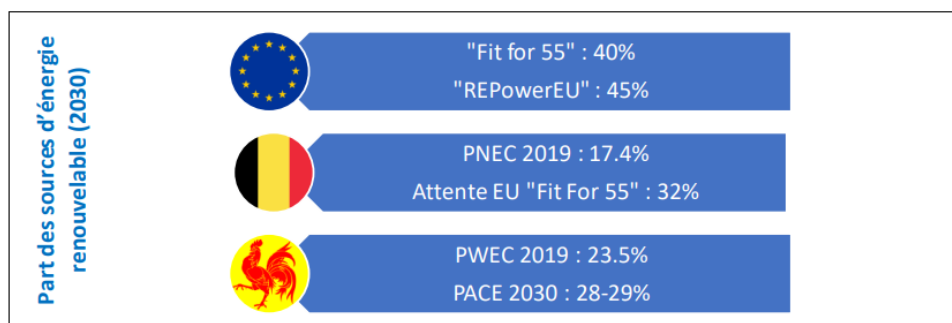


Figure 47 : Part d'énergie renouvelable en 2030 prévue dans les objectifs nationaux et internationaux

5.3.3. LA SMARTISATION

Le gouvernement wallon a décidé de consacrer 214 millions d'euros à l'accompagnement des gestionnaires de réseaux, pour rendre celui-ci plus intelligent et le renforcer : c'est le Plan wallon de smartisation. D'autres subventions vont suivre au courant de 2024, d'après le ministre de l'Énergie wallon Philippe Henry (Henry, 2023).

Les réseaux vont subir une évolution, en plus de l'évolution de leur utilisation, d'après Mme Hoogstoel (Hoogstoel, 2024). Ce plan de smartisation est une perspective significative en lien avec les objectifs belges et européens en matière énergétique et une réponse aux problèmes évoqués tout au long de ce travail.

« En dotant les GRD d'un ensemble de technologies et infrastructures leur permettant une gestion plus intelligente des réseaux, tant au niveau de la mesure des flux que du pilotage du réseau en lui-même, les réseaux devront pouvoir répondre au double défi lié d'une part à la multiplication de la production d'origine renouvelable, par nature intermittente, et d'autre part à l'arrivée de nouveaux usages de l'électricité comme les pompes à chaleur ou les véhicules électriques qui permettent une économie d'énergie primaire. Ces défis traités simultanément constituent l'opportunité de réduire les coûts du réseau et mieux valoriser la production d'énergie renouvelable tout en limitant les pertes d'énergie. »

Le projet permet l'octroi de subventions aux GRD pour trois différents objectifs poursuivis pour une meilleure utilisation de l'énergie :
1° *améliorer l'efficacité énergétique des réseaux ;*
2° *accroître la capacité d'accueil des productions d'énergie renouvelable ;*
3° *maîtriser les coûts liés à la transition énergétique. »* (Henry, 2023).

A propos de la smartisation du réseau, M. Thirion a expliqué que le premier conseil que son ASBL donne aux prosumers confrontés à des problèmes de décrochage est d'installer un compteur communicant, si ce n'est pas encore fait. Pour lui, on ne peut pas demander au gestionnaire de réseau de moderniser le réseau en gardant un compteur électromécanique, basé sur une technologie du 19^{ème} siècle (Thirion, 2024).

5.3.4. REPENSER LE PROBLÈME

Mme Hoogstoel, durant l'entretien mené, a expliqué qu'un des freins à l'autoconsommation est un problème lié à l'intermittence des énergies renouvelables. Il réside aussi dans nos modes de vie (Hoogstoel, 2024). Beaucoup de Wallons ont des besoins d'énergie au même moment, à cause du fait que leur rythme de vie est similaire. Presque toutes les solutions pour pallier ce problème évoqué durant ce travail sont techniques et/ou technologiques. L'influence de la réglementation ne s'intéresse que peu à résoudre ce problème de mode de vie, mis à part peut-être avec le tarif dynamique.

Jean-Marc Jancovici fait remarquer dans plusieurs de ses conférences qu'une société basée uniquement sur l'énergie renouvelable dépend de l'intermittence de celle-ci (Jancovici, 2023). Peut-on envisager d'attendre que le vent souffle pour voir son train partir ?

La réglementation du marché photovoltaïque est un sujet technico-économique et socio-technique, mais qui possède aussi des influences idéologiques et politiques.

5.4. QUI INFLUENCE QUOI ?

Pour le président de l'ASBL Beprosumer, Regis Francois, « *les prosumers sont le plus gros parti politique de Belgique* » (Thirion, 2024). L'ASBL est bien placée pour connaître l'influence des prosumers sur leurs droits, ils représentent la défense de ceux-ci. D'après M. Thirion, le principe de compensation jusqu'en 2030 ne sera attaqué par aucun parti politique wallon, sous peine de « *suicide politique* » (Thirion, 2024). C'est d'ailleurs une ministre nationaliste flamande (NVA), Zuhail Demir, qui s'est attaquée à ce mécanisme disponible en Wallonie jusqu'en 2030 (RTI Info, 2024).

Le développement des batteries domestiques est aussi un sujet politique et idéologique, pour M. Thirion. D'après lui, le développement des batteries domestiques serait perçu par certains « *purs écologistes* » comme « *bien, mais que dans les vélos* ». Pour lui, la fin de la compensation aurait dû s'accompagner d'une massification des batteries domestiques en Wallonie (Thirion, 2024).

Les cadres légaux que fixent la réglementation wallonne du marché photovoltaïque sont définis par des parlements, des gouvernements ou des ministres affiliés à des partis, des idéologies. La réglementation du marché en Wallonie est définie par une série complexe d'acteurs, leur bord politique respectif joue sans aucun doute un rôle.

Les résultats des trois élections du 9 juin 2024 (européennes, fédérales et régionales) risquent par conséquent d'exercer une influence sur l'avenir de la réglementation wallonne du marché de l'électricité photovoltaïque (Service public fédéral Intérieur, s. d.).

6. DISCUSSION

6.1. DISCUSSION DES RÉSULTATS

La réglementation du marché photovoltaïque a un réel impact sur le comportement des prosumers. La méthodologie mise en place et utilisée dans le cadre de ce travail met en évidence cette influence, son ampleur de façon qualitative et explore la raison d'être de cette influence. L'analyse effectuée démontre aussi que la réglementation n'est pas la seule influence sur le comportement des prosumers wallons.

En effet, les interviews d'acteurs du domaine que j'ai menées et l'échantillon de Wallons directement concernés qui a été récolté permettent d'aller plus loin. Les phénomènes présentés dans l'état de l'art concernant la question de recherche existent parmi les acteurs du mémoire et d'autres phénomènes ont été mis en évidence, comme l'inertie des comportements de certains prosumers.

Le point de vue abordé est proche des prosumers, car il les interroge directement ou interroge des acteurs qui les fréquentent de près, en tant que groupe de personnes. Cette approche permet de crédibiliser la mise en évidence de l'influence de la réglementation sur eux.

Cette approche a permis d'apporter une réponse partielle à la question de recherche, mais non sans certaines limites.

6.2. LIMITES DE LA MÉTHODOLOGIE ET DE SON APPLICATION

Une série de choix ont été faits pour réaliser la méthodologie appliquée. Ces choix impliquent des renoncements et des limites.

Premièrement, dans le choix des questions du sondage. Ces questions ont été écrites et choisies en prévision de leur analyse. Elles sont donc limitées par les connaissances que j'avais entre la fin de l'état de l'art et la rédaction du questionnaire. Bien que j'aie veillé à éviter tous partis pris et que les questions sont au mieux écrites sous une forme neutre et objective, leur caractère qualitatif implique des choix et des a priori.

Le nombre de répondants, cinquante-cinq, est limité, également en raison du caractère qualitatif du travail. En aucun cas, les données traitées ne représentent un échantillon significatif des prosumers wallons. Cet échantillon est suffisant pour analyser la proportion des répondants qui adoptent un comportement ou sont confrontés à une situation. Cependant, pour une autre approche plus quantitative, cet échantillon n'aurait pas été suffisant.

Le choix des interviewés et des questions d'entretien furent aussi des choix qui comprennent d'inévitables apports personnels, qui auraient pu donc être différents. Le choix des organismes a été pensé pour collecter le témoignage d'acteurs pertinents dans le cadre de ce travail. Le choix du Guichet Energie s'est porté sur celui de ma ville, il aurait pu être différent. J'ai contacté des gestionnaires de réseaux, mais décidé de ne pas insister pour m'entretenir avec l'un d'entre eux après une série de tentatives.

L'approche d'analyse a été pensée pour être la plus objective possible, mais l'apport personnel exigé dans le cadre de ce mémoire et le point de vue choisi impliquent des limites.

Des hypothèses de travail ont dû être émises, comme l'existence de phénomènes tels que des effets rebonds parmi les prosumers répondants. Elles constituent aussi des limites, indispensables.

6.3. PERSPECTIVES DE RÉALISATIONS ALTERNATIVES

Ce travail aurait pu être réalisé de façon différente. Des perspectives d'amélioration et de suite existent. Tout d'abord, le fait que la réglementation du marché évolue au fil des mois et des années suggère que des contextes fort différents pourraient émerger, ouvrant la voie à de nouvelles recherches.

Le point de vue abordé lors de ce travail ouvre également la voie à des méthodologies alternatives, à commencer par le caractère qualitatif qui a exclu dans ce travail des analyses quantitatives.

Enfin, les analyses effectuées laissent place à des analyses des données collectées ou d'une partie d'entre elles selon un angle de vue différent du mien lors de ce mémoire.

7. CONCLUSION

La question de recherche de ce mémoire porte sur l'influence des régulations du marché photovoltaïque sur les prosumers, à partir du postulat de l'intérêt qu'aurait un prosumer à autoconsommer, dans trois cas de réglementation distincts.

Ce travail met en évidence au fil de l'analyse que cet impact existe et est en lien avec des incitations à des comportements, comme l'utilisation rationnelle de l'énergie solaire ou la décarbonisation de l'énergie. Il est également souligné que cette influence est limitée par des phénomènes indépendants de la réglementation du marché et propres au comportement d'un groupe d'individus.

L'existence d'un phénomène d'effet rebond dans le comportement des prosumers de l'échantillon collecté était une hypothèse qui s'est avérée correcte.

L'existence de phénomènes qui limitent l'influence de la réglementation a été mise en évidence à l'aide de l'application de la méthodologie de travail.

Les conclusions dégagées lors de ce travail ne sont pas immuables, mais dans la perspective de l'évolution future de la réglementation, une partie de celles-ci risquent de rester vraies et d'actualité.

La réglementation exerce une influence sur les prosumers, mais une série d'autres phénomènes entrent en considération. L'orienter vers des incitations ou des contraintes ne suffit pas à accorder tous les prosumers sur le même diapason.

V. BIBLIOGRAPHIE

1. ABBASSEN L. (2011). *Etude de la connexion au réseau électrique d'une centrale photovoltaïque* [Mémoire, UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI OUZOU]. <https://dspace.ummo.dz/server/api/core/bitstreams/3497b69d-b4c6-4166-ae67-a2b57564c393/content>
2. Abrahams, P. (2023). *ENV0901-1 TP - Introduction à TRNSYS 18 (partie 1)* [Diapositives]. Ecampus.
3. Adopsweb. (2023, août 4). Doit-on installer ses panneaux photovoltaïques avant 2024 ? *lavenir.net*. <https://www.lavenir.net/publiredactionnel/2023/08/04/doit-on-installer-ses-panneaux-photovoltaiques-avant-2024-6FPWP5YHTFG7RBFJAQCOVIRJ2E/>
4. *Autoconsommation - Gramme*. (s. d.). <https://www.gramme.tech/article/autoconsommation#:~:text=Voil%C3%A0%20pourquoi%2C%20le%20niveau%20d,est%20rejet%C3%A9%20sur%20le%20r%C3%A9seau> au.
5. *Autoconsommation, prélèvement et injection de l'électricité sur le réseau de distribution - Site énergie du Service Public de Wallonie*. (s. d.). Site Énergie du Service Public de Wallonie. <https://energie.wallonie.be/fr/autoconsommation-prelevement-et-injection-de-l-electricite-sur-le-reseau-de-distribution.html?IDC=6185&IDD=175298>
6. Bebat. (s. d.). *La batterie domestique en lien avec les panneaux solaires : un investissement intéressant ? | Bebat*. <https://www.bebat.be/fr/blog/la-batterie-domestique-investissement-interessant#:~:text=Les%20batteries%20domestiques%20ont%20le,doubl%C3%A9%20par%20rapport%20%C3%A0%202021>.
7. Belga, L. L. E. A. (2022, 30 juin). Les propriétaires de panneaux solaires en Flandre peuvent désormais partager leur surplus d'énergie. *La Libre.be*. <https://www.lalibre.be/economie/conjoncture/2022/06/30/les-proprietaires-de-panneaux-solaires-en-flandre-peuvent-desormais-partager-leur-surplus-denergie-AC4OMIPX7NHM7GHDLTPR46PWKU/>
8. BEPROSUMER. (2023, 14 février). *Histoire - BEPROSUMER*. <https://www.beprosumer.be/histoire/>
9. BEPROSUMER. (2024, 26 février). *Cadastre des décrochages - BEPROSUMER*. <https://www.beprosumer.be/geolocalisation/>
10. Beslay, C., & Zélem, M.-C. (2009). Le paradoxe du consommateur moderne : modérer ses consommations d'énergie dans une société toujours plus énergivore. *Salvador Juan, Michelle Dobré (Dirs). Consommer Autrement : La Réforme Écologique des Modes de Vie, L'Harmattan, pp.277-296, hal-01763245*. <https://hal.science/hal-01763245/document>

11. Calderon Perez, I., & Hoyois, S. (2021). *Etude technico-économique d'une installation photovoltaïque avec et sans batterie* [Mémoire, UCLouvain]. https://dial.uclouvain.be/downloader/downloader.php?pid=thesis%3A28144&datastream=PDF_01&cover=cover-mem
12. *Census 2011*. (s. d.). https://www.census2011.be/data/fresult/households_fr.html
13. COLLARD, F. (2014). « Quel avenir pour le photovoltaïque ? ». *Les @Nalyses du CRISP En Ligne*. <https://www.crisp.be/>
14. Commission européenne. (s. d.). *Le pacte vert pour l'Europe*. Commission Européenne. Consulté le 8 mai 2024, à l'adresse https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_fr
15. Commission Européenne. (2015). *Best practices on Renewable Energy Self-consumption*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52015SC0141>
16. Commission européenne. (2024, 14 février). *Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)*. EU Science Hub. Consulté le 12 mai 2024, à l'adresse https://joint-research-centre.ec.europa.eu/photovoltaic-geographical-information-system-pvgis_en
17. Conseil de l'Union européenne. (s. d.). *Prix de l'énergie et sécurité de l'approvisionnement*. Consilium. Consulté le 9 mai 2024, à l'adresse <https://www.consilium.europa.eu/fr/policies/energy-prices-and-security-of-supply/#:~:text=La%20crise%20%C3%A9nerg%C3%A9tique%20a%20culmin%C3%A9,r%C3%A9agi%20avec%20unit%C3%A9%20et%20rapidit%C3%A9>
18. Contributeurs aux projets Wikimedia. (2022, 21 février). *Liste des ministres de l'Énergie en Région wallonne*. https://fr.wikipedia.org/wiki/Liste_des_ministres_de_l%27%C3%89nergie_en_R%C3%A9gion_wallonne
19. Contributeurs aux projets Wikimedia. (2023, 22 juin). *Monitoring photovoltaïque*. https://fr.wikipedia.org/wiki/Monitoring_photovolta%C3%AFque
20. Côté, P. (2018). *LA CONTRIBUTION DE L'ÉCONOMIE COMPORTEMENTALE AUX QUESTIONS ENVIRONNEMENTALES : EN QUÊTE D'UN NOUVEAU PARADIGME* [Essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement et développement durable en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.)]. UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE.
21. Counasse, P. X. (2014, 18 octobre). Le « fabuleux destin » du photovoltaïque wallon. *Le Soir*. <https://www.lesoir.be/art/683768/article/economie/2014-10-17/fabuleux-destin-du-photovoltaïque-wallon>

22. CREG. (s. d.). *Gestionnaire de réseau de distribution*. CREG : Commission de Régulation de L'Électricité et du Gaz. Consulté le 8 mai 2024, à l'adresse <https://www.creg.be/fr/a-z-index/gestionnaire-de-reseau-de-distribution#:~:text=Le%20gestionnaire%20de%20r%C3%A9seau%20de,de%20parvenir%20%C3%A0%20votre%20domicile>.
23. CWaPE. (s. d.-a). *Comprendre ma facture | CWaPE*. CWaPE. Consulté le 7 mai 2024, à l'adresse <https://www.cwape.be/node/140#panel-0>
24. CWaPE. (s. d.-b). *Facturation des coûts de réseau | CWaPE*. CWaPE. Consulté le 8 mai 2024, à l'adresse <https://www.cwape.be/node/150#panel-0>
25. CWaPE. (s. d.-c). *Je suis un prosumer | CWaPE*. CWaPE. Consulté le 8 mai 2024, à l'adresse [https://www.cwape.be/conso/prosumer#:~:text=Le%20mot%20prosumer%20est%20\(a,\)%20et%20Consumer%20\(consommateur\)](https://www.cwape.be/conso/prosumer#:~:text=Le%20mot%20prosumer%20est%20(a,)%20et%20Consumer%20(consommateur)).
26. CWaPE. (s. d.-d). *Les tarifs prosumer 2023-2024 | CWaPE*. CWaPE. Consulté le 8 mai 2024, à l'adresse <https://www.cwape.be/node/151>
27. CWaPE. (s. d.-e). *Quel compteur pour un prosumer ? | CWaPE*. CWaPE. Consulté le 7 mai 2024, à l'adresse <https://www.cwape.be/node/149>
28. CWaPE. (2021, 16 octobre). *Les acteurs de l'énergie | CWaPE [Vidéo]*. CWaPE. Consulté le 8 mai 2024, à l'adresse <https://www.cwape.be/node/139>
29. CWaPE. (2023, 26 juillet). *Méthodologie tarifaire 2019-2023 | CWaPE*. CWaPE. Consulté le 8 mai 2024, à l'adresse <https://www.cwape.be/node/177#travaux-preparatoires>
30. CWaPE. (2024, 22 février). **STRUCTURE TARIFAIRE APPLICABLE AUX UTILISATEURS DU RÉSEAU DE DISTRIBUTION BASSE TENSION EN RÉGION WALLONNE POUR LES ANNÉES 2026 À 2029**. *CWaPE.be*. Consulté le 29 avril 2024, à l'adresse <https://www.cwape.be/sites/default/files/cwape-documents/2024.02.22-0054-Projet%20lignes%20directrices%20structure%20tarifaire%20BT%202026-2029%20-%20pour%20concertation-consultation.pdf>
31. Delacauw, F. (2022, 16 novembre). *Au-delà du Green IT : Le numérique responsable pour diminuer son empreinte carbone*. *HEC Executive Education | Blog*. <https://www.hecexecutiveschool.be/blog/green-it>
32. Destore. (s. d.). *Destore - Stockage Thermique pour Pompe à Chaleur*. Destore - Thermal Energy Storage. Consulté le 11 mai 2024, à l'adresse <https://www.destore.energy/>
33. diplomatie Belgique. (2023, 20 décembre). *Le programme pour une Europe numérique*. SPF Affaires Étrangères - Commerce Extérieur et Coopération Au Développement. Consulté le 20 avril 2024, à l'adresse <https://diplomatie.belgium.be/fr/politique/coordination-des-affaires-europeennes/la-politique-de-la-belgique-au-sein-de-lue/europe-numerique>

34. *DPG Media Privacy Gate*. (s. d.). <https://www.7sur7.be/belgique/le-reseau-wallon-incapable-d-absorber-l-energie-des-230-000-panneaux-photovoltaïques~ade16113/?referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F>
35. Dr Ir. V. HANUS. (2022). Contribution à l'autoconsommation de l'électricité produite par deux installations photovoltaïques via batteries, contrôle de la production d'eau chaude sanitaire et prises intelligentes. *Revue Scientifique des Ingénieurs Industriels*, 36.
<https://luck.synhera.be/bitstream/handle/123456789/1637/ISILF22p33pierrardL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
36. Dujin, A., Maresca, B., & Védie, M. (2012). CHANGER LES COMPORTEMENTS L'INCITATION COMPORTEMENTALE DANS LES POLITIQUES DE MAÎTRISE DE LA DEMANDE D'ÉNERGIE EN FRANCE. Dans *CREDOC*. CREDOC.
37. EDF ENR. (2023, août 28). *Taux d'autoconsommation - Définition*.
<https://www.edfenr.com/lexique/taux-dautoconsommation/#:~:text=Voici%20la%20m%C3%A9thode%20de%20calcul,le%20r%C3%A9seau%20avec%20EDF%20OA.>
38. EDF, L. R. E. (2023, août 24). *Domotique solaire : maximisez votre autoconsommation et économisez !* EDF ENR. Consulté le 20 avril 2024, à l'adresse <https://www.edfenr.com/guide-solaire/domotique-autoconsommation/#:~:text=En%20moyenne%2C%20sans%20outil%20domotique,aussi%20un%20gain%20de%20confort.>
39. *Électricité renouvelable - Energie Commune*. (2024, 4 janvier). Energie Commune.
https://energiecommune.be/statistique/energie-renouvelable-electricite-renouvelable/?fl_builder
40. e-Media Resources. (s. d.). *Welcome | TRNSYS : Transient System Simulation Tool*. Consulté le 12 mai 2024, à l'adresse <https://www.trnsys.com/>
41. Energie Commune. (2023, 14 novembre). *Observatoire photovoltaïque - Energie commune*. Consulté le 8 mai 2024, à l'adresse <https://energiecommune.be/statistique/observatoire-photovoltaïque/>
42. Energie commune, avec le soutien de la Région Wallonne. (s. d.). *Simulateur photovoltaïque financier Wallonie*. Energie Commune. Consulté le 7 mai 2024, à l'adresse <https://sifpv.energiecommune.be/>
43. energreen. (s. d.). *La surveillance en ligne de votre installation*. energreen.be.
<https://www.energreen.be/produire-son-energie/panneaux-photovoltaïques/monitoring>
44. Engie. (2023, 22 février). Autoconsommation solaire : définition & avantages à découvrir. *MyPower.Engie*. <https://mypower.engie.fr/conseils/autoconsommation-solaire/avantages-autoconsommation.html>

45. Enr, L. R. E. (2024, 5 janvier). *Quelle est la durée de vie d'un panneau solaire photovoltaïque ?* EDF ENR. <https://www.edfenr.com/guide-solaire/duree-de-vie-panneaux-solaires/#:~:text=La%20dur%C3%A9e%20de%20vie%20moyenne%20d%27un%20panneau%20solaire%20est,ans%20pour%20les%20plus%20solides>.
46. Etaamb.Openjustice.Be. (1999, 11 mai). *Loi du 29/04/1999 relative a l'organisation du marche de l'electricite*. https://etaamb.openjustice.be/fr/loi-du-29-avril-1999_n1999011160.html
47. Etaamb.Openjustice.Be. (2002, août 23). *Arrete Royal du 16/07/2002 arrete royal relatif a l'etablissement de mecanismes visant la promotion de l'electricite produite a partir des sources d'energie renouvelables*. https://etaamb.openjustice.be/fr/arrete-royal-du-16-juillet-2002_n2002011314.html
48. Etaamb.Openjustice.Be. (2022, 5 octobre). *Decret du 05/05/2022 decret modifiant diverses dispositions en matiere d'energie dans le cadre de la transposition partielle des directives 2019/944/ue du 5 juin 2019 concernant des regles communes pour le marche interieur de l'electricite et 2018/2001/ue du 11 decembre 2018 relative a la promotion de l'utilisation de l'energie produite a partir de sources renouvelables et en vue d'adapter les principes relatifs a la methodologie tarifaire*. https://etaamb.openjustice.be/fr/decret-du-05-mai-2022_n2022033591
49. European Commission. (s. d.). *European Battery Alliance*. Internal Market, Industry, Entrepreneurship And SMEs. https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/strategy/industrial-alliances/european-battery-alliance_en?prefLang=fi
50. European Commission. (2021, 15 mars). *À la une : Les batteries, outils essentiels d'une économie à faibles émissions de carbone*. Commission Européenne. Consulté le 21 avril 2024, à l'adresse https://commission.europa.eu/news/focus-batteries-key-enabler-low-carbon-economy-2021-03-15_fr
51. F. Picard, K. Cabaret. (2015). Politique européenne de l'énergie et transition vers un système énergétique décarboné fondée sur les Smart Grids. *Cairn.info*. <https://www.cairn.info/revue-innovations-2015-1-page-33.htm?contenu=article>
52. Fatet, J. (2005). *Les recherches d'Edmond Becquerel sur la nature de la Lumière entre 1839 et 1843, histoire d'une interaction réussie entre science et photographie* [Thèse]. Université Claude Bernard Lyon.
53. Fontanel, J. (2021). Les " terres rares ", au coeur des conflits économique-politiques de demain. *HAL Open Science*. <https://hal.univ-grenoble-alpes.fr/hal-03092621v1/document>
54. Fressoz, J.-B. (2023). Les plus pessimistes étaient beaucoup trop optimistes. *Terrestre*.

55. Gassée, M., Biourge, C., & Buytaers, N. (2022, 11 octobre). *Se déconnecter des réseaux de gaz et d'électricité, une fausse bonne idée ?* RTBF. Consulté le 8 mai 2024, à l'adresse <https://www.rtb.be/article/se-deconnecter-des-reseaux-de-gaz-et-d-electricite-une-fausse-bonne-idee-11083078>
56. Gautier, A. et J. Jacqmin. (2019). Une nouvelle tarification des réseaux pour favoriser la transition énergétique. *Regards Économiques*, 145. <https://ojs.uclouvain.be/index.php/regardseco/article/view/18583/17773>
57. Gouvernement wallon. (2019). CONTRIBUTION DE LA WALLONIE AU PLAN NATIONAL ENERGIE CLIMAT 2030. Dans *energie.wallonie.be*. Consulté le 7 mai 2024, à l'adresse <https://energie.wallonie.be/servlet/Repository/pwec-2030-version-definitive-28-novembre-2019-approuvee-par-le-gw.pdf?ID=58450>
58. Gouvernement wallon. (2023). PLAN AIR CLIMAT ENERGIE 2030 DE LA WALLONIE. Dans <https://henry.wallonie.be>. Consulté le 7 mai 2024, à l'adresse <https://henry.wallonie.be/files/Documents/230321%20-%20PACE2030.pdf>
59. Gouvernement wallon. (2024, 9 février). *Gouvernement de Wallonie du 8 février 2024*. Consulté le 12 mai 2024, à l'adresse <https://www.wallonie.be/fr/acteurs-et-institutions/wallonie/gouvernement-de-wallonie/communiqués-presse/2024-02-09>
60. GreenIT. (2020, 31 décembre). *Définition - Green IT*. Green IT. Consulté le 9 mai 2024, à l'adresse <https://www.greenit.fr/definition/>
61. Guichet Energie. (2024, 22 avril). Consultante au Guichet Energie de Verviers. Dans *Retranscription disponible en annexe de ce travail*.
62. Grison, C., Cases, L., Le Moigne, M., & Hossaert-Mckey, M. (2021). *Photovoltaïsme, agriculture et écologie : De l'agrivoltaïsme à l'écovoltaïsme* (ISTE group édition). ISTE Group. <https://www.istegroup.com/fr/produit/photovoltaïsme-agriculture-et-ecologie/>
63. Hanwha Q CELLS GmbH. (2013). *Q.PEAK-G3 265-280 Q.PEAK-G3 265-280 Monocrystalline Solar module*. <https://d1819pwkf4ncw.cloudfront.net/files/documents/hanwhaqcellsdatasheetqpeak-g3265-280201408rev03na-257065.pdf>
64. Henry, P. (2023, 28 avril). *Site internet du Parlement de Wallonie*. Parlement de Wallonie. Consulté le 12 mai 2024, à l'adresse <https://www.parlement-wallonie.be/pwpages?p=interp-questions-voir&type=28&iddoc=120882>
65. Henry, P. (2024, 8 février). *Photovoltaïque : vers une indemnité en cas de décrochage d'onduleurs* [Communiqué de presse]. Philippe HENRY - Vice-Président et Ministre du Climat, de l'Énergie, de la Mobilité et des Infrastructures. Consulté le 8 mai 2024, à l'adresse <https://henry.wallonie.be/home/communiqués-de-presse/presses/photovoltaïque--vers-une-indemnité-en-cas-de-décrochage-d'onduleurs.html>

66. Hoogstoel, M. (2024, 26 avril). Entretien de Muriel Hoogstoel directrice de la Direction de l'Organisation des marchés régionaux de l'Énergie du SPW energie. Dans *Retranscription disponible en annexe de ce travail*.
67. Hubo Belgique. (s. d.). *Profile Programmeur compte à rebours 3680W par 2h blanc | Hubo*. Consulté le 20 avril 2024, à l'adresse <https://www.hubo.be/fr/p/profile-programmeur-compte-a-rebours-3680w-par-2h-blanc/787768/>
68. Institut Royal de Météorologie. (s. d.). *Atlas climatique*. IRM. Consulté le 7 mai 2024, à l'adresse <https://www.meteo.be/fr/climat/climat-de-la-belgique/atlas-climatique/cartes-climatiques/rayonnement-solaire/rayonnement-solaire-global/annuel>
69. IWEPS. (2024, 1 mars). *Production nette d'électricité par vecteur énergétique - Iweps*. Iweps. Consulté le 8 mai 2024, à l'adresse <https://www.iweps.be/indicateur-statistique/production-nette-deelectricite-vecteur-energetique/>
70. Jancovici, J.-M. (2023). *Quelle Suisse dans un monde neutre en carbone ?* [Vidéo]. https://www.youtube.com/watch?v=dV8E6O35_v8&t=1s
71. Lallemand, C. (2023a, novembre 13). « *16 % des ménages wallons sont équipés de panneaux solaires, mais les autres technologies vertes sont désespérément à la traîne* ». Trends-Tendances. <https://trends.levif.be/a-la-une/developpement-durable/16-des-menages-wallons-sont-equipés-de-panneaux-solaires-mais-les-autres-technologies-vertes-sont-desesperement-a-la-traine/#:~:text=%C2%AB%2016%25%20des%20m%C3%A9nages%20wallons%20sont,sont%20d%C3%A9sesp%C3%A9r%C3%A9ment%20%C3%A0%20la%20tra%C3%A9ne%20%C2%BB&text=En%20Wallonie%2C%2016%25%20des%20foyers,investisseurs%20europ%C3%A9ens%20en%20%C3%A9nergie%20renouvelable.>
72. Lallemand, C. (2023b, novembre 13). & # 8220 ; *16 % des ménages wallons sont équipés de panneaux solaires, mais les autres technologies vertes sont désespérément à la traîne*& # 8221 ; Trends-Tendances. <https://trends.levif.be/a-la-une/developpement-durable/16-des-menages-wallons-sont-equipés-de-panneaux-solaires-mais-les-autres-technologies-vertes-sont-desesperement-a-la-traine/>
73. Lambrecht, L. (2018, 19 février). Fusion Ores et Resa : "Ce n'est pas dans l'intérêt du consommateur d'énergie liégeois ". *La Libre.be*. <https://www.lalibre.be/belgique/2018/02/19/fusion-ores-et-resa-ce-nest-pas-dans-linteret-du-consommateur-denergie-liegeois-IGUBK6QPDJLCULKD7LFQG6XQUHE/>
74. Lambrecht, L. (2024, 13 février). Le nombre d'installations photovoltaïques a explosé en 2023 : le réseau électrique wallon va-t-il supporter. . . *La Libre.be*. <https://www.lalibre.be/economie/mes-finances/2024/02/13/les-wallons-se-sont-rues-sur-les-panneaux-photovoltaïques-en-2023-YH7BJ6QWKVA2NCZMJRMGPCY6RQ/>
75. Leprince, S. (2022). FONDLEMENTS DE DROIT ET POLITIQUE DE L'ENVIRONNEMENT. Dans *MyUlliege*.
76. *Les composantes de la facture* | CWAPE. (s. d.). CWAPE. <https://www.cwape.be/node/19>

77. *Luminus : Fournisseur d'énergie durable d'électricité & de gaz.* (s. d.).
<https://www.luminus.be/fr/particuliers/>
78. M. MATHLVET. (s. d.). Comparaison entre le courant continu et le courant alternatif.
LA HOUILLE BLANCHE. <https://www.shf-lhb.org/articles/lhb/pdf/1927/06/lhb1927028.pdf>
79. Meunier, F. (2008). *Les énergies renouvelables.* Le cavalier bleu.
80. M.F., & M.F. (2021, 12 mars). *Toujours plus de Belges installent des panneaux photovoltaïques : est-ce encore rentable ?* RTBF. <https://www.rtf.be/article/toujours-plus-de-belges-installent-des-panneaux-photovoltaïques-est-ce-encore-rentable-10717655>
81. MOREAU, H. (2018). *Autoconsommation collective d'électricité photovoltaïque en Région de Bruxelles-Capitale. Une solution pour davantage d'électricité verte* [Mémoire, Université Libre de Bruxelles]. https://mem-envi.ulb.be/Memoires_en_pdf/MFE_17_18/MFE_Moreau_17_18.pdf
82. Mylight Systems. (2023). *ENGIE My Power* (Date de mise à jour 7 juin 2023) [Logiciel d'ordinateur].
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mylightsystems.engie>
83. Niko. (s. d.). *Prime énergie en Wallonie SPW.* <https://www.niko.eu/fr-be/inspiration/nouveaut%C3%A9s/2023/prime-energie-en-wallonie>
84. ORES. (s. d.-a). *Les communautés d'énergie.* Consulté le 8 mai 2024, à l'adresse <https://www.ores.be/particulier/communautes-d-energie>
85. ORES. (s. d.-b). *Que faire de mon surplus de production ?* ORES.be. Consulté le 9 mai 2024, à l'adresse <https://www.ores.be/particulier/prosumer-a-partir-de-2024>
86. ORES. (s. d.-c). *Qu'est-ce que le partage d'énergie ?* Consulté le 9 mai 2024, à l'adresse <https://www.ores.be/particulier/le-partage-d-energie>
87. ORES. (s. d.-d). *Tout comprendre sur les panneaux photovoltaïques.* www.ores.be.
<https://www.ores.be/particulier/compensation-avant-01-01>
88. Parlement de Wallonie. (2017). Résolution relative à la mise en œuvre d'une politique wallonne du climat. Dans www.parlement-wallonie.be (886 (2016-2017) — N° 9). Consulté le 29 mars 2024, à l'adresse https://nautilus.parlement-wallon.be/Archives/2017_2018/RES/886_9.pdf
89. Parlement de Wallonie. (2022, 14 février). *Site internet du Parlement de Wallonie.* Consulté le 8 mai 2024, à l'adresse <https://www.parlement-wallonie.be/pwpages?p=interp-questions-voir&type=28&idoc=109953>
90. *Photovoltaïque : il n'est pas trop tard pour bénéficier du compteur qui tourne à l'envers en Wallonie.* (2023, août 21). L'Echo.
<https://www.lecho.be/entreprises/energie/photovoltaïque-il-n-est-pas-trop-tard-pour-beneficier-du-compteur-qui-tourne-a-l-envers-en-wallonie/10487347.html>

91. Pierret, D. (2019). *La rentabilité des batteries domestiques dans une habitation uni-familiale belge en 2019* [Mémoire, Uliege].
https://matheo.uliege.be/bitstream/2268.2/7347/4/Tfe_Dimitri%20Pierret.pdf
92. Poulain, G. (2014). *Procédés laser pour la réalisation de cellules photovoltaïques en silicium à haut rendement* [Thèse de doctorat, L'INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUÉES DE LYON]. <https://theses.hal.science/tel-00932583>
93. *Quelle est la puissance maximale d'une installation de panneaux photovoltaïques ?* (s. d.). Energreen. Consulté le 16 mars 2024, à l'adresse <https://www.energreen.be/faq/photovoltaïque/investir-photovoltaïque/puissance-maximale-installation-photovoltaïque>
94. R. Rezoug et A. Zaatri. (2009). Optimisation du rendement d'un système photovoltaïque par poursuite du soleil. *Revue des Energies Renouvelables*, Vol. 12 N°2 (2009) 299 – 306.
95. Reno.energy. (2023, 5 décembre). *Est-ce encore intéressant d'installer des panneaux photovoltaïques en 2024 ? - Reno.energy*. Consulté le 9 mai 2024, à l'adresse <https://reno.energy/blog/actu-energie/est-ce-encore-interessant-dinstaller-des-panneaux-photovoltaïques-en-2024/>
96. RESA. (s. d.). *QUE FAIRE SI MON INSTALLATION DE PRODUCTION PHOTOVOLTAÏQUE SE DÉCONNECTE RÉGULIÈREMENT DU RÉSEAU ?* Consulté le 8 mai 2024, à l'adresse <https://cms.resa.be/app/uploads/2022/12/deconnexion-installation-production-photovoltaïque-RESA.pdf>
97. RESCert. (s. d.). https://rescert.be/fr/list?res_category=2
98. RTI Info. (2024, 16 avril). Photovoltaïque : la Flandre attaque la Wallonie au Conseil d'Etat. *RTL Info*. Consulté le 11 mai 2024, à l'adresse <https://www.rtl.be/page-videos/belgique/politique/photovoltaïque-la-flandre-attaque-la-wallonie-au-conseil-detat/2024-04-16/video/659288>
99. RTL info. (2024, 18 avril). Photovoltaïque : les GRD estiment l'indemnité de décrochage trop élevée. *RTL Info*. <https://www.rtl.be/page-videos/photovoltaïque-les-grd-estiment-lindemnité-de-decrochage-trop-elevée/2024-02-13/video/637497>
100. Saive, O. (2009). *Chasse au Gaspi avec Énerg'Hic* [Numérique]. SPW / EDIWALL. https://ediwall.wallonie.be/chasse-au-gaspi-avec-energ-hic-2009-numerique-077059?ref=077059_0
101. Sanin, M. E., Trillas, F., Mejdalani, A., Lopez-Soto, D., & Hallack, M. (2019). Using Behavioral Economics in the design of Energy Policies. Dans *Energy Division Infrastructure And Energy Sector* (No 1890). Inter-American Development Bank.
102. Service Public de Wallonie. (2024, 7 mai). *Production d'électricité à partir d'énergies renouvelables en Wallonie*. Consulté le 7 mai 2024, à l'adresse <https://zealous-nobel-aa39f4.netlify.app/>

103. Service public fédéral Intérieur. (s. d.). *Quand auront lieu les prochaines élections ? | Elections Belgique 2024 - SPF Intérieur - Direction des Elections*. Service Public Fédéral Intérieur. Consulté le 12 mai 2024, à l'adresse <https://elections.fgov.be/node/111516>
104. Solvari, & Solvari. (2023, 13 décembre). *Prime pour la batterie domestique en 2024 : Aperçu complet*. Batteriedomestique.be. <https://www.batteriedomestique.be/prime>
105. SOPDT. (2023, mars). *La fracture numérique en province de Namur*. *province.namur.be*. Consulté le 9 mai 2024, à l'adresse https://www.province.namur.be/documents/fichier/1/434/20230614_120048rapport_final_fracture_numerique_en_province_de_namur__test.pdf
106. Spw. (s. d.-a). *énergie*. Etat de L'environnement Wallon. <http://etat.environnement.wallonie.be/home/Infographies/energie.html>
107. Spw. (s. d.-b). *Principales utilisations du territoire*. Etat de L'environnement Wallon. [http://etat.environnement.wallonie.be/contents/indicatorsheets/TERRIT%201.html#:~:text=Les%20usages%20agricoles%20et%20sylvicoles,\(4%20946%20km2\)](http://etat.environnement.wallonie.be/contents/indicatorsheets/TERRIT%201.html#:~:text=Les%20usages%20agricoles%20et%20sylvicoles,(4%20946%20km2)).
108. Spw. (s. d.-c). *Solwatt - Comprendre le mécanisme de soutien Solwatt*. Consulté le 22 avril 2024, à l'adresse <https://www.wallonie.be/fr/demarches/solwatt-comprendre-le-mecanisme-de-soutien-solwatt>
109. SPW Energie. (s. d.). *Obtenir une prime pour l'installation ou le remplacement de votre appareil de chauffage et d'eau chaude sanitaire (jusqu'au 30 juin 2023) - Site énergie du Service Public de Wallonie*. Site Énergie du Service Public de Wallonie. <https://energie.wallonie.be/fr/primes-temporaires-appareil-de-chauffage-et-d-eau-chaude-sanitaire-jusqu-au-30-juin-2023.html?IDC=10306>
110. SPW Energie. (2023, 10 décembre). *Panneaux photovoltaïques : fin du compteur qui tourne à l'envers*. Wallonie.be. Consulté le 9 mai 2024, à l'adresse <https://www.wallonie.be/fr/actualites/panneaux-photovoltaïques-fin-du-compteur-qui-tourne-lenvers>
111. SPW Energie. (2024, 28 mars). *Qu'est-ce qu'un certificat vert ?* www.wallonie.be. Consulté le 8 mai 2024, à l'adresse <https://www.wallonie.be/fr/demarches/quest-ce-quun-certificat-vert>
112. Stassart, P.-M. (2023). *Théories et gestions des transitions écologiques ENVT0040-2. Cours Université de Liège, Campus Arlon Environnement*.
113. Statbel. (s. d.). *Ménages | Statbel*. Consulté le 19 avril 2024, à l'adresse <https://statbel.fgov.be/fr/themes/population/structure-de-la-population/menages#figures>
114. Statbel. (2023, 16 octobre). *Parc des bâtiments | Statbel*. Statbel.be. Consulté le 8 mai 2024, à l'adresse <https://statbel.fgov.be/fr/themes/construction-logement/parc-des-batiments#panel-12>

115. Stobbe, B. (2019). *Le coût de l'énergie verte en Wallonie pour la période 2003-2019* [Mémoire, Université de Liege-HEC].
https://matheo.uliege.be/bitstream/2268.2/10750/4/Me%cc%81moire_BartStobbe_s0133012.pdf
116. Terrier, J. (2022). Etablissement de bonnes pratiques pour optimiser l'autoconsommation de l'énergie solaire dans une habitation avec pompe à chaleur, panneaux solaires photovoltaïques et véhicule électrique. Dans *Filière Energie et Techniques Environnementales Orientation Energies Renouvelables*. Consulté le 10 mai 2024, à l'adresse
<https://sonar.ch/documents/324493/files/JonathanTerrier.pdf>
117. Tesla. (s. d.). *powerwall 2*. https://www.tesla.com/fr_be. Consulté le 17 avril 2024, à l'adresse https://www.tesla.com/fr_be/powerwall
118. test achats. (s. d.). *Rachat de l'électricité solaire injectée : quel fournisseur choisir ?* test-achats.be. Consulté le 8 mai 2024, à l'adresse [https://www.test-achats.be/maison-energie/energie-renouvelable/news/cout-energie-solaire-injectee#:~:text=Quel%20fournisseur%20offre%20actuellement%20le,%E2%82%AC%20par%20kWh%20\(Cociter\)](https://www.test-achats.be/maison-energie/energie-renouvelable/news/cout-energie-solaire-injectee#:~:text=Quel%20fournisseur%20offre%20actuellement%20le,%E2%82%AC%20par%20kWh%20(Cociter).). et <https://www.test-achats.be/maison-energie/gaz-electricite-mazout-pellets/simulateur?step=landingpage>
119. Thirion, R. (2024a, mars 21). *Certificats verts & # 8211 ; Situation en Mars 2024*. BEPROSUMER. <https://www.beprosumer.be/2024/03/21/certificats-verts-situation-en-mars-2024/>
120. Thirion, R. (2024b, mai 2). Entretien de Rémi Thirion, vice-président de l'ASBL Beprosumer. Dans *Retranscription disponible en annexe de ce travail*.
121. Totalenergies. (s. d.). *Courant monophasé et triphasé : quelles différences ?* TotalEnergies. <https://www.totalenergies.fr/particuliers/parlons-energie/dossiers-energie/comprendre-le-marche-de-l-energie/courant-monophasé-et-triphase-quelles-différences>
122. TotalEnergies. (s. d.). *Nouveau système tarifaire en Flandre pour les clients dotés de panneaux photovoltaïques*. <https://totalenergies.be/fr/professionnels/aide-et-contact/questions-frequentes/panneaux-photovoltaïques/mon-installation/tarif-injection-flandres/nouveau-systeme-tarifaire-en-flandre-pour-les-clients-dotes-de-panneaux-photovoltaïques#:~:text=En%20Flandre%2C%20le%20tarif%20d,disposiez%20d'un%20compteur%20digital>.
123. Vlaanderen, Vlaamse overheid. (s. d.). *Premie voor de aankoop of leasing van een thuisbatterij voor zelf opgewekte energie*. www.vlaanderen.be.
<https://www.vlaanderen.be/zonnepanelen/thuisbatterij/premie-voor-de-aankoop-of-leasing-van-een-thuisbatterij-voor-zelf-opgewekte-energie>
124. Wallex. (2006, 30 novembre). *30 novembre 2006 - Arrêté du Gouvernement wallon « relatif à la promotion de l'électricité produite au moyen de sources d'énergie renouvelables ou de cogénération »*. Consulté le 7 mai 2024, à l'adresse
<https://wallex.wallonie.be/eli/arrete/2006/11/30/2006204237/2023/10/28>

125. Wallex. (2011, 3 mars). *03 mars 2011 - Arrêté du Gouvernement wallon approuvant le règlement technique pour la gestion des réseaux de distribution d'électricité en Région wallonne et l'accès à ceux-ci*.
<https://wallex.wallonie.be/eli/arrete/2011/03/03/2011027096/2011/05/21?doc=19977>
126. Wallex. (2019, 4 avril). *04 avril 2019 - Arrêté du Gouvernement wallon instaurant un régime de primes pour la réalisation d'un audit et des investissements économiseurs d'énergie et de rénovation d'un logement*. Consulté le 12 mai 2024, à l'adresse <https://wallex.wallonie.be/eli/arrete/2019/04/04/2019203007>
127. Wallex. (2020a, mai 7). *écrot relatif à la fin de la compensation entre les quantités d'électricité prélevées et injectées sur le réseau et à l'octroi de primes pour promouvoir l'utilisation rationnelle de l'énergie et la production d'électricité au moyen de sources d'énergies renouvelables du 01 octobre 2020*. Consulté le 12 mai 2024, à l'adresse <https://wallex.wallonie.be/eli/arrete/2020/05/07/2020030902/2020/05/01>
128. Wallex. (2020b, décembre 17). *17 décembre 2020 - Décret relatif à l'octroi d'une prime pour l'installation d'équipements de mesurage et de pilotage*. Consulté le 12 mai 2024, à l'adresse <https://wallex.wallonie.be/eli/loi-decret/2020/12/17/2021200037/2020/10/01>
129. Wallex. (2022a, mai 12). *12 mai 2022 - Arrêté du Gouvernement wallon instaurant un régime d'aides accordées pour la réalisation d'investissements économiseurs d'énergie et de rénovation d'un logement*. Consulté le 12 mai 2024, à l'adresse <https://wallex.wallonie.be/eli/arrete/2022/05/12/2022033185/2023/07/01>
130. Wallex. (2022b, décembre 1). *l'arrêté du Gouvernement wallon relatif aux compteurs communicants 1 décembre 2022*. Consulté le 12 mai 2024, à l'adresse <https://wallex.wallonie.be/eli/arrete/2022/12/01/2022034594/2023/01/01>
131. Wallex. (2023a, mars 17). *L'arrêté du Gouvernement wallon relatif aux communautés d'énergie et au partage d'énergie du 17 mars 2023*. Consulté le 12 mai 2024, à l'adresse <https://wallex.wallonie.be/eli/arrete/2023/03/17/2023044651/2023/10/08>
132. Wallex. (2023b, octobre 12). *12 octobre 2023 - Arrêté du Gouvernement wallon fixant les modalités relatives à la fin de la compensation entre les quantités d'électricité prélevées et injectées sur le réseau*. Consulté le 12 mai 2024, à l'adresse <https://wallex.wallonie.be/eli/arrete/2023/10/12/2023206329/2023/12/01>
133. Wouters, A. (2021). *Exploration des tactiques pour industrialiser et massifier la rénovation énergétique profonde des habitations individuelles privées en Région wallonne* [Mémoire, Université de Liège].
<https://matheo.uliege.be/bitstream/2268.2/12912/4/TFE%20Final.pdf>
134. Y. Riffonneau, F. Barruel, S. Bacha. (2008). Problématique du stockage associé aux systèmes photovoltaïques connectés au réseau. *Revue des Energies Renouvelables, Vol. 11 N°3 (2008) 407-422*.