

Production d'énergies renouvelables par les agriculteurs wallons : Etat de la situation et perspectives de développement

Auteur : Dereux, Clémence

Promoteur(s) : De Cock, Nicolas; Maréchal, Kevin

Faculté : Gembloux Agro-Bio Tech (GxABT)

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

Année académique : 2019-2020

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/8671>

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.

PRODUCTION D'ÉNERGIES RENOUVELABLES PAR LES AGRICULTEURS WALLONS : ÉTAT DE LA SITUATION ET PERSPECTIVES DE DÉVELOPPEMENT

CLÉMENCE DEREUX

TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE
MASTER BIOINGÉNIEUR EN SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'ENVIRONNEMENT

ANNÉE ACADÉMIQUE 2019-2020

CO-PROMOTEURS : DE COCK NICOLAS, MARÉCHAL KEVIN

© 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 académique¹ de Gembloux Agro-Bio Tech.

Le présent document n'engage que son auteur.

¹ Dans ce cas, l'autorité académique est représentée par les promoteurs membres du personnel enseignant de GxABT.

PRODUCTION D'ÉNERGIES RENOUVELABLES PAR LES AGRICULTEURS WALLONS : ÉTAT DE LA SITUATION ET PERSPECTIVES DE DÉVELOPPEMENT

CLÉMENCE DEREUX

TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE
MASTER BIOINGÉNIEUR EN SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'ENVIRONNEMENT

ANNÉE ACADÉMIQUE 2019-2020

CO-PROMOTEURS : DE COCK NICOLAS, MARÉCHAL KEVIN

Je tiens tout d'abord à remercier mes promoteurs, Nicolas et Kevin, pour leur supervision, leurs conseils judicieux, leur disponibilité, mais aussi de m'avoir accordé l'opportunité de travailler dans deux environnements stimulants au sein des équipes dynamiques du Génie Rural et de l'Économie Rurale. Merci à mes collègues de bureau pour leur compagnie et leurs encouragements.

Je remercie Andrea, qui m'a soutenu dès le départ dans le choix de mon sujet d'étude et qui s'est toujours rendu disponible pour les moindres questions.

J'adresse mes sincères remerciements à tous les agriculteurs ayant accepté de me recevoir, et de faire part de leurs opinions à travers l'enquête, ainsi qu'aux spécialistes et acteurs du territoire qui ont pris le temps de partager leurs connaissances en toute sympathie.

Enfin, je remercie du fond du cœur ma famille, tous mes proches et amis, pour leur soutien inconditionnel tout au long de mon parcours scolaire.

RÉSUMÉ

Dans un contexte de transition énergétique, tous les secteurs d'activités économiques dont le secteur agricole ont un rôle à jouer pour réduire notre dépendance face aux énergies fossiles. Cette étude a pour but d'identifier le potentiel de développement de trois moyens de production d'énergie renouvelable dans lesquels les agriculteurs wallons peuvent s'engager : le solaire photovoltaïque, l'éolien (de puissance et domestique) et la biométhanisation. Les opportunités, potentiels et étendues actuelles de développement sont estimés et/ou discutés sur base de littérature et de témoignages d'experts et d'agriculteurs. Cette étude donne un premier aperçu du terrain, montrant les positions des agriculteurs et les éventuels freins au développement.

Premièrement, cette étude met en évidence le potentiel énorme du photovoltaïque au travers des surfaces du bâti agricole de par sa maturité technologique et l'assurance de sa rentabilité. Le cadre réglementaire n'est toutefois pas adapté aux capacités de production du secteur et les agriculteurs ne sont pas incités à devenir producteurs d'énergie. Inclure les agriculteurs au sein des futures communautés d'énergie renouvelable peut permettre de déployer ce potentiel tout en éliminant les contraintes pour le réseau électrique. Deuxièmement, les possibilités de développer la biométhanisation sur le territoire wallon sont grandes mais les agriculteurs manquent encore d'information à ce sujet et sont retenus par des craintes de nature financière. Nous recommandons de continuer à informer les agriculteurs et de soutenir la filière du biogaz qui prend doucement de l'ampleur. Pour les agriculteurs n'ayant pas les capacités d'investir dans la production d'énergie renouvelable, le financement par un tiers de type coopérative, constitue une alternative intéressante. Bien encouragée et accompagnée, la production d'énergie par les agriculteurs pourrait donner un nouvel élan au secteur agricole wallon et contribuer à atteindre nos objectifs pour lutter contre le réchauffement climatique.

ABSTRACT

In the context of energy transition, all sectors of economic activities have a role to play in reducing our dependence on fossil fuels. This also includes the agricultural sector. This study aims at identifying the potential of development for three means of renewable energy production by Walloon farmers: photovoltaic solar power facilities, low and high power wind turbines and biogas plants. Development opportunities, potential and current extent are estimated and/or discussed on the basis of literature and of experts' & farmers' points of view. The study provides some context for understanding farmers' positions and challenges for development.

This study highlights the great potential for photovoltaics development through untapped roofing surfaces of agricultural buildings, given its technological maturity and the assurance of its profitability. However, the Walloon regulatory framework is not adapted to the sector's production capacity and farmers are not encouraged to become energy producers. Including farmers in future renewable energy communities can help to deploy this potential while relieving the power grid. The possibilities for biogas production on the Walloon territory are great, but farmers encounter a lack of information on this subject and are being held back by financial fears. We recommend further dissemination of existing information tools and developing financial incentives for the biogas sector. For farmers who do not have the capacity to invest, third-party financing by an energy cooperative could be an attractive solution. If well encouraged and supported, on-farm energy production, could give a new boost to the Walloon agricultural sector and help to achieve our climate goals.

ABRÉVIATIONS

Expressions ordinaires

AGW :	Arrêté du Gouvernement Wallon
ASBL :	Association Sans But Lucratif
CODAC :	COmmunauté D'Autoconsommation Collective
CV :	Certificat Vert
EnR:	Énergie Renouvelable
GAL :	Groupe d'Action Locale
GES :	Gaz à Effet de Serre
LGO :	Label de Garantie d'Origine
PME :	Petites et Moyennes Entreprises
PV :	PhotoVoltaïque
UGB :	Unité Gros Bétail
SCRL :	Société Coopérative à Responsabilité Limitée
SPRL :	Société Privée à Responsabilité Limitée

Unités de mesure

h :	heure
ha :	hectare
kVA :	kiloVoltAmpère
kW (MW) :	kiloWatt (MégaWatt)
kWh (MWh / GWh / TWh) :	kiloWatheure (Méga-/Giga-/TéraWatheure)
m :	mètre
Wc (kWc) :	Wattcrête (kiloWattcrête)

Organismes²

ADEME :	Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
AIGx :	Association des Ingénieurs de Gembloux
APERe :	Association pour la Promotion des Énergies Renouvelables
AWAC :	Agence Wallonne de l'Air et du Climat
CLEF :	Coopérative Leuquoise pour les Énergies du Futur
CRA-W :	Centre wallon de Recherches Agronomiques
CWaPE :	Commission Wallonne pour l'Énergie
IEW :	Inter-Environnement-Wallonie
FJA :	Fédération des Jeunes Agriculteurs
FWA :	Fédération Wallonne de l'Agriculture
GxABT :	Gembloux Agro-Bio Tech
GIEC :	Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat
IGEAT :	Institut de Gestion et d'Aménagement du Territoire
RwDR :	Réseau wallon de Développement Rural
SPW :	Service Public de Wallonie
ULB :	Université Libre de Bruxelles
VCM :	<i>Vlaams Coördinatiecentrum Mestverwerking</i> (Centre de coordination flamand de traitement des effluents d'élevage)

² Une description des organismes auxquels cette étude fait référence est disponible en Annexe 1.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	IV
ABRÉVIATIONS	V
INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
Contexte de transition énergétique	1
Les enjeux pour le secteur agricole	1
Raisonnement l'énergie à la ferme	1
Une étude sur le contexte wallon	2
Objectifs de recherche	3
Contenu et structure de l'étude	3
Limitations de l'étude	4
MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE	5
1. LES INTERLOCUTEURS : SPÉCIALISTES ET AGRICULTEURS	5
2. LES MÉTHODES DE COLLECTE D'INFORMATION	6
2.1. Entretiens avec agriculteurs	6
2.2. Entretiens/interviews de « spécialistes »	7
2.3. Enquête	7
2.4. Revue de littérature grise, formations & conférences	8
RÉSULTATS GÉNÉRAUX DE L'ENQUÊTE	9
1. Implication générale des agriculteurs dans la production d'énergie renouvelable	9
2. Discussion de la représentativité de l'échantillon	10
CHAPITRE 1 : LA FILIÈRE PHOTOVOLTAÏQUE DANS LE SECTEUR AGRICOLE WALLON	14
1. PERTINENCE DU PHOTOVOLTAÏQUE	14
1.a. Pertinence environnementale, bilan énergie et bilan carbone	14
1.b. Maturité technique et économique	14
1.c. Cadre tarifaire wallon pour le photovoltaïque : on déchiffre !	15
1.d. Parc photovoltaïque wallon et objectifs 2030	16
2. COMPATIBILITÉ DU PHOTOVOLTAÏQUE AVEC L'AGRICULTURE	18
2.a. Les avantages d'une production photovoltaïque à la ferme	18
2.b. De multiples opportunités pour l'agriculteur	18
3. POTENTIEL DE DÉVELOPPEMENT	23
3.a. Potentiel théorique sur bâti	23
3.b. Potentiel théorique au sol	24
4. CONTRIBUTION ACTUELLE DES AGRICULTEURS WALLONS	26
4.a. Résultats de l'enquête	26
4.b. Extrapolation des résultats à la Wallonie	29
5. POSITION DES AGRICULTEURS N'AYANT PAS D'INSTALLATION PV	30

6. FACTEURS DISSUASIFS À L'INSTALLATION DE PANNEAUX PV	31
7. FACTEURS LIMITANT LA TAILLE DES INSTALLATIONS.....	35
8. PISTES POUR UN DÉPLOIEMENT À PLUS GRANDE ÉCHELLE	38
CHAPITRE 2 : LA FILIÈRE ÉOLIEN DANS LE SECTEUR AGRICOLE WALLON	42
1. PERTINENCE DU DÉVELOPPEMENT DE L'ÉOLIEN DE PUISSANCE	42
1.a. Bilan énergie et bilan carbone	42
1.b. Maturité technique et économique de l'éolien de puissance	42
1.c. Parc éolien wallon et objectifs 2030	43
2. GRAND ÉOLIEN & SECTEUR AGRICOLE	44
2.a. Rôle indirect des agriculteurs	44
2.b. Préoccupations des agriculteurs	44
3. PERTINENCE DU DÉVELOPPEMENT DU PETIT ÉOLIEN.....	46
3.a. Maturité technique	46
3.b. Maturité économique	46
3.c. En débat	47
4. UNE ÉOLIENNE DOMESTIQUE À LA FERME... ..	48
4.a. État des lieux wallon par enquête.....	48
4.b. Avantages et inconvénients : échos du terrain.....	49
CHAPITRE 3 : LA FILIÈRE BIOMÉTHANISATION DANS LE SECTEUR AGRICOLE WALLON	52
1. PERTINENCE DU DÉVELOPPEMENT DE LA BIOMÉTHANISATION	52
1.a. Principes de base	52
1.b. Production d'énergie renouvelable	52
1.c. De multiples bénéfices environnementaux	53
1.d. Bilan énergie et bilan carbone	54
1.e. Aspects économiques	55
1.f. Place du biogaz dans la transition énergétique wallonne.....	55
2. POTENTIEL DE PRODUCTION DE BIOGAZ EN WALLONIE	56
3. DIFFÉRENTS NIVEAUX D'ENGAGEMENT POUR LES AGRICULTEURS	57
3.a. Installer sa propre unité de biométhanisation à la ferme	57
3.b. Participer à un projet de biométhanisation porté par un tiers	57
4. ÉTAT DES LIEUX.....	58
5. POSITION GÉNÉRALE DES AGRICULTEURS	60
6. LES FREINS À LA BIOMÉTHANISATION AGRICOLE	62
7. PISTES POUR UN DÉPLOIEMENT À PLUS GRANDE ÉCHELLE	67
CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	70
BIBLIOGRAPHIE.....	72

TABLE DES FIGURES

Figure 1 Schéma des moyens de collecte d'information utilisés.....	6
Figure 2 Répartition géographique des sondés en Wallonie.....	9
Figure 3 Répartition par tranches d'âge des sondés (gauche) et de la population d'agriculteurs wallons (droite)	10
Figure 4 Répartition par classe de surface agricole utile (SAU) des sondés et de la population d'agriculteurs wallons	11
Figure 5 Répartition des puissances installées de photovoltaïque dans les 3 régions (Flandre, Wallonie, Bruxelles)	17
Figure 6 Compatibilité de l'élevage ovin avec une installation PV au sol	19
Figure 7 Compatibilité du maraîchage avec une installation PV au sol	19
Figure 8 "Tracker" solaire sur pied	20
Figure 9 Système intégré de panneaux photovoltaïque et mise en culture de la parcelle	20
Figure 10 Agriculture et production solaire photovoltaïque sur une même surface: exemple d'agri-voltaïque, projet pilote installé en Allemagne (près du lac de Constance)	21
Figure 11 Schéma de fonctionnement d'un modèle d'investissement en photovoltaïque par tiers-investisseur	22
Figure 12 Architecture classique d'un bâtiment agricole	23
Figure 14 Parmi les 64 installations des agriculteurs sondés, nombre d'installations par classes de production électrique : les classes de 10.000 kWh et 20.000 kWh sont clairement majoritaires.....	26
Figure 15 Répartition temporelle des installations photovoltaïques wallonnes (tous secteurs confondus) & chez les agriculteurs ayant répondu à l'enquête.....	27
Figure 16 Proportion des exploitations sondées (parmi 133) ayant installé des panneaux PV selon la taille de l'exploitation, indiquée par la surface agricole utile (SAU) exploitée exprimée en hectares (les moyennes des deux sous-groupes prédominants sont indiquées par un trait pointillé)	28
Figure 17 Mise en parallèle de l'énergie solaire photovoltaïque potentiellement exploitable dans les exploitations agricoles wallonnes et de la production actuelle estimée (GWh/an).....	29
Figure 18 Position des agriculteurs par rapport à une installation photovoltaïque à la ferme (réponses de l'enquête à la question « Avez-vous déjà envisagé d'installer des panneaux photovoltaïques à la ferme ? » ; 48 réponses)	30
Figure 19 Occurrence des facteurs ayant dissuadé les agriculteurs à installer du photovoltaïque (réponses de l'enquête à la question: "Qu'est-ce qui vous dissuade d'installer des panneaux photovoltaïques (sélectionner les trois éléments majeurs)?" ; 42 réponses)	31
Figure 20 Occurrence des facteurs ayant limité la taille des installations (réponses de l'enquête à la question "Quel facteur majeur a limité la taille de votre installation?" ; 64 réponses).....	35
Figure 21 Schéma de communauté d'autoconsommation collective (rurale): noyau d'habitat, serres photovoltaïques, éoliennes, fermes et voitures électriques.....	40
Figure 22 Carte des éoliennes domestiques « à la ferme » inventoriées	48
Figure 23 Photo des installations éolienne et photovoltaïque dans une ferme wallonne visitée	49

Figure 24 Modèle d'une éolienne domestique "à la ferme" à axe vertical.....	49
Figure 25 État des lieux des unités de biométhanisation sur le territoire wallon en 2018 et localisation ; Note : FFOM =Fraction fermentescible des déchets ménagers , IAA = Industries agro-alimentaires, CET = Centre d'enfouissement technique, STEP = Station d'épuration	58
Figure 26 Production d'énergie renouvelable annuelle par la biométhanisation et la micro-biométhanisation agricoles wallonnes (Heneffe, 2018).....	58
Figure 27 Occurrence des positions des agriculteurs par rapport à une installation de biométhanisation à la ferme (réponses de l'enquête à la question « Avez-vous déjà envisagé d'installer une unité de biométhanisation dans votre ferme ? » ; 133 réponses)	60
Figure 28 Occurrence des critères dissuasifs à l'installation de biométhanisation à la ferme selon les agriculteurs (réponses de l'enquête à la question "Quels éléments vous dissuadent d'installer une unité de biométhanisation? (choisir les 3 éléments majeurs)" ; 60 réponses)	62

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 Répartition géographique des sondés et des agriculteurs wallons par province	10
Tableau 2 Représentativité des sondés en fonction des filières d'activité des exploitations	12
Tableau 3 Exemple de champs électro-magnétiques rencontrés dans le quotidien.....	34

TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 Liste et description des organismes et acteurs du territoire sollicités lors de cette étude et/ou pour la diffusion de l'enquête et/ou auxquels cette étude fait référence	1
Annexe 2 Grille d'analyse des entretiens avec les agriculteurs	3
Annexe 3 Retranscription des 3 entretiens de « spécialistes ».....	5
Annexe 4 Enquête diffusée dans le cadre de ce travail aux agriculteurs wallons.....	23
Annexe 5 Graphe issu d'une analyse annexe de rentabilité d'une installation photovoltaïque en tiers-investisseur	33
Annexe 6 Image aérienne d'une ferme en polyculture-élevage laitier typique wallonne.....	33
Annexe 7 Réponses à l'enquête à la question "Quelle superficie totale de toit de votre exploitation estimez-vous disponible et adaptée à l'installation de panneaux solaires?"	33
Annexe 8 Influence du profil des exploitations sur le choix d'installer du photovoltaïque : tests statistiques d'indépendance (X^2).....	34
Annexe 9 Productivité des panneaux photovoltaïques en fonction de l'orientation et de l'inclinaison dans lesquelles ils sont disposés	35
Annexe 10 Graphe issu d'une analyse annexe de rentabilité de l'installation PV de la Ferme du Bailli	35
Annexe 11 Charges et revenus à considérer lors du développement d'un projet de biométhanisation.....	36
Annexe 12 Détail du calcul des gisements de biomasse non alimentaire disponible sur le territoire wallon à des fins énergétiques	37

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Contexte de transition énergétique

Souhaite-t-on atteindre la neutralité climatique d'ici 2050 ? Est-ce pour respecter les engagements européens en matière de climat ? Décide-t-on d'en finir avec notre triple dépendance au pétrole-charbon-gaz ? Tant le changement climatique que l'épuisement des ressources fossiles menacent nos sociétés. L'année 2019 fut particulièrement marquée par la mobilisation des jeunes par dizaines de milliers dans les rues réclamant une justice climatique. La sortie du nucléaire d'ici 2025 du mix énergétique ajoute encore une pression supplémentaire sur les décideurs politiques belges...

Face à l'obligation de nous affranchir des énergies fossiles nous devons **repenser complètement notre système énergétique**. Le premier moyen d'y arriver est de conjuguer « sobriété » et « efficience » énergétiques, c'est à dire de supprimer les dépenses énergétiques superflues tout en réduisant autant que possible les consommations d'énergie de base. Le deuxième moyen est de verdir notre mix énergétique. La production d'énergies renouvelables (EnR) – c'est-à-dire, sources qui se renouvellent à l'échelle de temps humaine (solaire, éolien, biomasse, géothermie, hydraulique) – permet de remplacer les énergies de sources fossiles dont les gisements se raréfient et dont la combustion est responsable de nos émissions de gaz à effet de serre (GES).

Les enjeux pour le secteur agricole

Pour arriver à mener une transition énergétique rapide et efficace, il est nécessaire que **tous les acteurs de la société se mobilisent** : entreprises, politiques, citoyens, ... Le secteur agricole se voit offrir une opportunité particulière. Aujourd'hui, le secteur agricole ne jouit pas d'une bonne réputation. Pourtant, et quoi qu'on en dise, l'agriculture wallonne n'est pas le secteur le plus polluant en termes d'émission GES. En 2019 elle a été responsable de 14% des émissions tous secteurs confondus, à part égale avec le secteur résidentiel, contre 25% pour le transport et 30% pour le secteur industriel par exemple (AWAC, 2019)³. Cependant, les activités agricoles sont encore très dépendantes des sources d'énergies fossiles. En effet, ses consommations d'énergie directe⁴ reposent principalement sur le diesel et l'électricité (CRA-W, 2019). Le secteur est déjà en crise. Il est alors d'autant plus essentiel de réduire ses dépenses énergétiques et surtout sa dépendance au prix des énergies fossiles, qui peut osciller de manière incertaine et potentiellement monter en flèche. En outre, il serait temps de redorer le blason du monde agricole... **Les enjeux pour l'agriculture de s'inscrire dans la transition énergétique semblent donc énormes.**

Raisonner l'énergie à la ferme

Tout d'abord, un travail doit être fait pour réduire les consommations d'énergie dans les exploitations. Pour ce faire, des audits énergétiques sont possibles : le Service Public de Wallonie (SPW) accorde actuellement des subsides pour la réalisation d'audits et d'études énergétiques destinés aux petites et moyennes entreprises (PME). Il s'agit du programme AMURE (SPW Énergie, s. d.). Des organismes de recherche, comme le Centre de Recherche Agronomique Wallon (CRA-

³ Note : Seuls 9% des émissions du secteur agricole sont liées à l'utilisation des machines agricoles et au chauffage : 48% des émissions sont du protoxyde d'azote (N₂O) et 44% du méthane (CH₄) (CRA-W, 2019).

⁴ Les consommations directes désignent les consommation d'énergie ayant lieu dans l'exploitation tandis que les consommations indirectes désignent les consommations liées à la fabrication et le transport de ce qui est importé dans l'exploitation.

W), travaillent également au développement d'outils de diagnostics énergétiques à la ferme qui permettent à la fois d'identifier les postes les plus consommateurs et d'établir un plan d'action (CRA-W, 2019). Ces diagnostics peuvent déboucher sur des solutions efficaces et faciles à mettre en place pour réduire ses dépenses en énergie : isolation des bâtiments, nettoyage de ventilateurs, éclairage économique, récupérateur de chaleur & pré-refroidisseur de lait, éco-conduite, etc.

Ensuite ou simultanément, les possibilités de production d'énergie renouvelable doivent être étudiées. Le secteur agricole a plus d'un atout dans sa poche pour produire de l'énergie verte. D'une part, les agriculteurs produisent de la biomasse qui peut en partie être valorisée en énergie (biogaz, chaudières, biocarburants...). D'autre part, ils ont à leur disposition à la fois de grandes surfaces au sol et de grandes surfaces de toitures susceptibles d'accueillir des installations de production d'énergie (éolienne, photovoltaïque...). Ce secteur disposerait donc d'un énorme potentiel en matière de production d'EnR. **Et si la production d'énergie verte à la ferme pouvait servir non seulement à couvrir ses propres besoins mais aussi celle d'autres secteurs ?**

Dans les pays limitrophes (Pays-Bas, Allemagne, France, Luxembourg), il semblerait que les agriculteurs se soient déjà mis à la page. Aux Pays-Bas notamment, certains fournisseurs d'énergie (Vandebron, par exemple) établissent des contrats avec eux pour revendre l'électricité verte qu'ils produisent dans leur exploitation au marché de l'électricité (www.vandebron.nl). Pour les ménages néerlandais, il est donc possible de choisir directement l'origine de l'électricité qu'ils achètent et qu'ils veulent consommer en optant par exemple pour l'énergie produite chez le couple d'agriculteurs du coin. En France, l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (mieux connue sous l'acronyme ADEME) travaille énormément sur ce sujet et a commandé pour 2018 une étude sur la contribution du secteur agricole français à la production d'énergies renouvelables et les opportunités qui en découlent pour les exploitations (ADEME, I Care & Consult, Blézat Consulting, CERFrance et CEREOPA, 2018).

Une étude sur le contexte wallon

Cette étude de l'ADEME apporte de nombreuses informations sur les possibilités de production d'énergies renouvelables spécifiques et adaptées au secteur agricole. Cependant, les conclusions de cette étude sont très peu transposables au contexte wallon. Tant les politiques, les tarifs et réglementations en matière d'énergie, que les réalités de l'agriculture sont radicalement différentes entre les deux territoires.

Aucun organisme en Wallonie n'a établi à ce jour un état des lieux des contextes énergétique & agricole wallons. Pourtant on sent, encore plus particulièrement ces derniers mois, un engouement grandissant de la part de diverses organisations wallonnes pour se pencher sur la question des énergies à la ferme : groupes d'action locale (GAL), coopératives, syndicats agricoles...). Des groupes de travail se sont mis en place directement avec les agriculteurs notamment à la Fédération Wallonne de l'Agriculture (FWA) et au Réseau wallon de Développement Rural (RwDR) afin que leurs positions soient suffisamment représentées dans les prises de décision en matière d'énergie. Plusieurs événements s'inscrivant dans la même idée s'organisent également : la formation « Énergies à la ferme » à destination des agriculteurs durant le mois de décembre 2019 (cf. section « 2.4. Revue de littérature grise, formations & conférences »), la prochaine journée d'étude « Énergie à la ferme : quelles solutions ? » organisée par le Comice d'Arlon le 23 janvier 2020, etc. Ce travail se replace donc dans ce contexte et, avec les limites d'un travail de fin d'études, tente d'évaluer les perspectives de développement des énergies renouvelables à la ferme.

Notez que ce mémoire est réalisé dans le cadre de mon Master « Sciences et Technologies de l'Environnement » à l'Université de Liège (Gembloux Agro-Bio Tech) en vue de l'obtention du diplôme de Bio-ingénieur.

Objectifs de recherche

Cette étude tente de répondre aux trois objectifs suivants :

- 1- **Évaluer la pertinence et les opportunités** du développement du solaire photovoltaïque, de l'éolien et de la biométhanisation dans le secteur agricole wallon ;
- 2- **Chiffrer l'étendue du développement actuel** de la production de ces trois types d'énergies renouvelables dans le secteur agricole wallon et la **comparer aux potentiels de développement** estimés ;
- 3- Si pertinence et potentiel il y a : **cerner la/les position(s) actuelle(s) des agriculteurs wallons** par rapport à ces trois types de production d'énergie à la ferme et **identifier les éventuels freins à lever** pour encourager le développement de ces différents types de production renouvelable dans le secteur agricole wallon.

Il est bon de rappeler que les questions de recherche et objectifs de cette étude n'ont pas été identifiés dans le cadre d'un projet de recherche académique ni par un organisme indépendant. Le sujet de cette étude a été développé à partir de constats, intuitions et questionnements personnels. C'est une volonté propre de participer au déploiement des énergies renouvelables à une échelle locale, dans une ambition de développement durable et dans une optique d'atténuation du changement climatique.

Contenu et structure de l'étude

Le corps de ce travail sera décliné en chapitres distincts pour chaque énergie étudiée : photovoltaïque, éolien et biométhanisation, selon un ordre arbitraire. Ces types d'énergies sont aujourd'hui connues du grand public. Dès lors, il n'a pas semblé nécessaire dans le cadre de ce travail de développer les aspects de fonctionnement de ces technologies. On part donc de l'hypothèse que le lecteur sera suffisamment informé au préalable sur ces technologies et le cas contraire, celui-ci pourra trouver de la documentation scientifique ou vulgarisée sur le sujet très aisément. Seuls les éléments essentiels à la compréhension globale des enjeux seront rappelés.

Autant que possible, les développements suivront la logique détaillée ci-après pour chaque chapitre (tout en tenant compte des spécificités de chaque filière).

Premièrement, comme derrière ce travail s'inscrit une ambition de développement durable et de lutte contre le changement climatique, il nous semblait important de mener une réflexion sur l'impact environnemental et la durabilité des différentes énergies renouvelables. C'est pourquoi chaque chapitre débutera par une analyse de la **pertinence environnementale** de l'énergie abordée. La pertinence du déploiement des différentes filières d'EnR sera analysée en regard de différents indicateurs tels que :

- Le temps de retour **énergétique** : est-ce ce type de technologie permet de produire davantage d'énergie que celle nécessaire à sa production ?
- Le temps de retour **carbone** : est-ce que la production d'énergie par cette technologie permet d'économiser davantage d'émissions de GES que celles engendrées par sa fabrication ?

Des éléments concernant la **pertinence économique** des technologies seront ajoutés car ils sont essentiels à la compréhension des développements actuels et futurs.

En deuxième lieu, la **compatibilité** de la production d'énergie avec la gestion d'une exploitation agricole sera mise en évidence pour chaque type d'énergie. Les rôles de l'agriculteur dans cette production seront détaillés. On montrera de cette façon les **opportunités de développement** des filières de production énergétique dans le secteur agricole.

Ensuite, des **chiffres** viendront étayer ces développements pour montrer **l'étendue du potentiel théorique et celle du développement actuel**. Selon les types d'énergie, le potentiel de production est soit estimé par des organismes compétents en la matière et synthétisé ici, soit estimé sur base de nos propres calculs. Nous chiffrerons ensuite la part de ce potentiel qui a déjà été exploitée et, par déduction, la part qu'il reste à valoriser.

Enfin, ces considérations d'ordre plutôt théoriques seront confrontées aux différents échos obtenus sur le terrain. En effet, il est important de discuter des potentiels de développement de la production d'EnR dans le secteur agricole directement avec les acteurs les plus concernés, en l'occurrence : les agriculteurs. C'est pourquoi les résultats seront ponctués ici et là d'extraits de **témoignages** d'agriculteurs. Chaque chapitre fera également l'objet d'une section sur leur **position**, leurs **opinions** par rapport à la production d'énergie et l'accent sera mis sur l'ensemble des **freins** qu'ils montrent du doigt lorsqu'on leur parle d'installer une unité de production à la ferme. Au cours de l'étude, des **pistes pour un déploiement à plus grande échelle** seront régulièrement développées.

Limitations de l'étude

Cette étude se limite à 3 moyens de production d'énergie renouvelable : le solaire photovoltaïque, l'éolien (domestique et de grande puissance) et la biométhanisation. Le choix a été préférentiellement orienté vers des énergies renouvelables électriques dont on entend déjà beaucoup parler, qui semblent déjà se développer dans le secteur agricole dans d'autres pays et qui pourraient éventuellement contribuer à une production d'énergie à grande échelle (qui couvrirait plus que les seuls besoins du secteur). Les biocarburants, faisant aujourd'hui débat pour leur pertinence écologique et environnementale, n'ont pas été abordés. Pour davantage d'information à propos des autres filières énergétiques, le lecteur sera renvoyé vers l'étude de référence pour la France (ADEME et al., 2018).

Cette étude ne se veut pas parfaitement exhaustive car elle résulte du travail d'une seule personne pendant 4 mois et n'est que le fruit d'un travail de fin d'études. Elle offre néanmoins les avantages de donner une première estimation de l'étendue de la production de renouvelables dans le secteur agricole wallon et de décortiquer une série de problématiques liées au déploiement des énergies et spécificités liées au contexte wallon. Elle a également le mérite d'être directement connectée aux réalités de terrain car elle a été en majeure partie alimentée par la collaboration directe avec de nombreux agriculteurs et acteurs de terrain.

MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE

La thématique étudiée dans le cadre de ce travail a directement rapport au **contexte territorial**. Il s'agit de comprendre des spécificités locales : éléments règlementaires & politiques qui se rapportent à la Wallonie, caractéristiques de l'agriculture wallonne et mentalités des agriculteurs wallons. Ce genre d'informations n'est donc généralement pas écrit noir sur blanc dans la littérature scientifique. Pour donner un exemple simple, aucun état des lieux du photovoltaïque dans les exploitations agricoles wallonnes n'a été rendu public à notre connaissance. **La plupart de l'information a donc été collectée directement auprès des acteurs du territoire les plus concernés ou spécialisés.** Une première section décrira brièvement les différents types d'interlocuteurs rencontrés dans le cadre de ce travail. Une deuxième section décrira ensuite plus précisément les méthodes spécifiques de collecte de données utilisées.

1. Les interlocuteurs : spécialistes et agriculteurs

D'une part, l'information a été collectée auprès de « **spécialistes** », **scientifiques** et/ou **acteurs du développement territorial**, travaillant sur les contextes énergétique ou agricole wallon. Les échanges principaux ayant donné matière à ce travail ont été tenus avec :

- ValBiom, et plus précisément les facilitateurs de biométhanisation qui en font partie. Cette ASBL est spécialisée dans les techniques de valorisation de la biomasse (toutes valorisations sauf alimentaire) et assurait jusque fin 2019 le rôle de facilitateur Bioénergies pour le SPW. ValBiom a donc constitué une source d'informations très importante pour la thématique « biométhanisation » tant au travers de ses publications (brochures), sa *Newsletter* (le « ValBiomag »), que des communications orales et présentations ;
- IDETA, intercommunale de développement territorial au service du développement de la Wallonie picarde, dont l'une des priorités est de réussir la transition énergétique du territoire en y déployant les sources d'énergies renouvelables et en travaillant sur l'efficacité énergétique. Les points de contact avec IDETA ont été : Olivier Bontems, directeur du service Énergie, et Valentine Moreau, chargée de projets à thématique « Énergie » ;
- Michel Huart, Professeur à l'Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire (IGEAT) de l'Université Libre de Bruxelles (ULB), chargé des cours « Énergie : ressources et environnement » et « Gestion des ressources et de l'énergie » et ancien secrétaire général de l'ASBL Association pour la Promotion des Énergies Renouvelables (APERe), et ;
- Benoît Delaite, spécialiste en développement territorial et responsable du groupe de travail Énergies du RwDR actif depuis 7 ans.

Une liste exhaustive des contacts entretenus dans le cadre de cette étude est disponible en Annexe 1.

D'autre part, des discussions avec des **agriculteurs** en spécialisation variées et plus ou moins concernés par le sujet des énergies ont donc été menées dès les premières phases de ce travail. A nouveau, par la suite, ils ont été appelés à contribuer lors du lancement de l'enquête. Les méthodes de collecte d'information spécifiques à chaque interlocuteur sont plus longuement décrites dans la section qui suit.

2. Les méthodes de collecte d'information

La collecte des informations auprès de ces divers acteurs a été réalisée par plusieurs moyens tels que des interviews, un questionnaire en ligne, des visites et entretiens, la participation à des conférences/cours/formations, des appels téléphoniques, ou encore échanges de courriels.

D'une part, notre méthodologie a été très **dynamique** car les moyens de collecte d'informations ont évolué en fonction des questions posées et en fonction des opportunités qui se sont créées. D'autre part, notre méthodologie peut être caractérisée d'**incrémentale** car plusieurs phases de collecte d'information et analyse/synthèse se sont succédé au fil de l'étude. Dans le schéma suivant (Figure 1), nous avons représenté les différents moyens de collecte de données qui se sont additionnés et complétés au cours de ce travail, et qui ont permis *in fine* de donner une image générale de l'état des différentes filières de renouvelable dans le secteur agricole wallon. Comme on peut le deviner dans la figure, les entretiens avec les agriculteurs et spécialistes, ainsi que l'enquête ont constitué les piliers majeurs de ce travail. Les différents éléments du schéma sont progressivement décrits dans les paragraphes qui suivent.

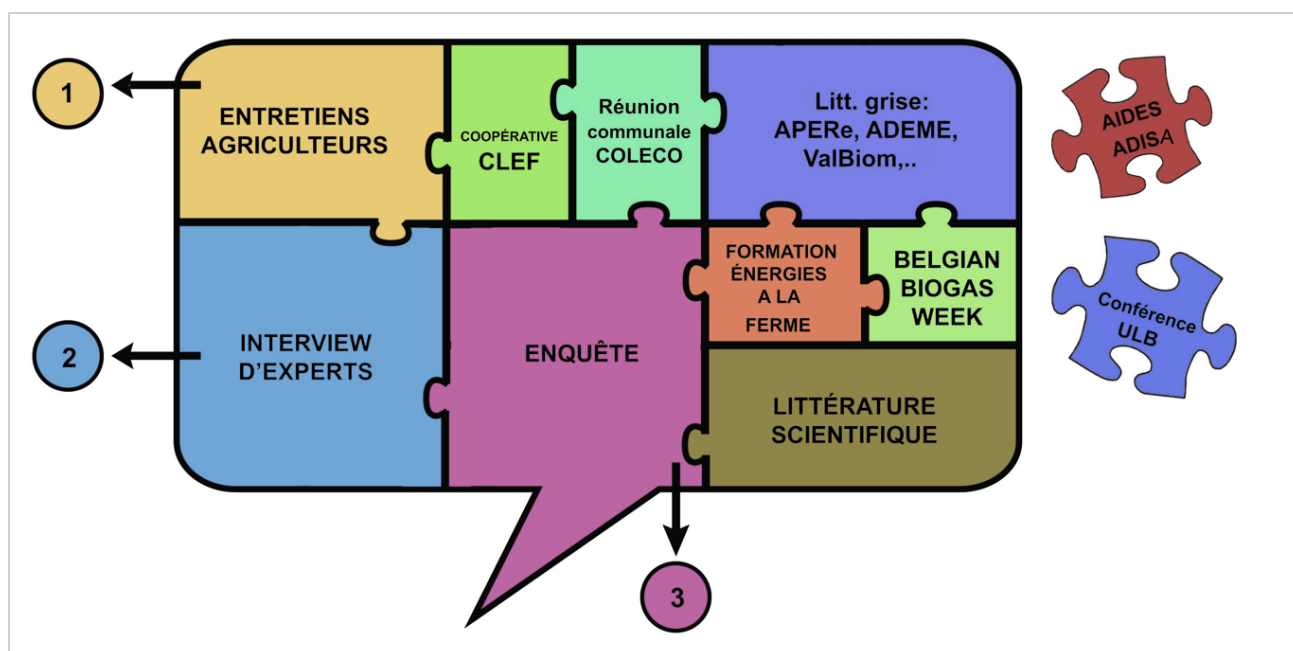


Figure 1 Schéma des moyens de collecte d'information utilisés

2.1. Entretiens avec agriculteurs

Des visites ont été réalisées dans 9 exploitations agricoles du 23/09/19 au 18/10/19. Les contacts ont été pris de bouche à oreille tout en veillant à garder un panel varié d'exploitations, de spécialisations et d'implications dans la production renouvelable. Les 9 agriculteurs interrogés proviennent de 6 communes différentes (néanmoins toutes situées en Wallonie picarde). Parmi eux, 6 sont équipés en photovoltaïque, 1 a un projet d'installation photovoltaïque en tiers-investissement, 1 a une éolienne domestique, 1 a deux types d'équipement : une éolienne et des panneaux PV, et le dernier n'a aucune installation.

Les entretiens ont été menés de manière **semi-directive**, c'est-à-dire qu'un schéma de discussion est établi au préalable mais il laisse beaucoup d'ouvertures et opportunités à l'interviewé afin de s'exprimer librement. Des notes ont été prises à la volée et retranscrites dans un tableau d'analyse des entretiens (Annexe 2). Ces entretiens ont permis une première exploration du sujet et de pointer

les difficultés éventuellement rencontrées par les agriculteurs lorsqu'ils portent un projet photovoltaïque ou éolien. En outre, une analyse plus approfondie de la pertinence de certains projets a pu être réalisée, notamment pour l'éolien domestique et le projet d'installation photovoltaïque en tiers-investissement.

2.2. Entretiens/interviews de « spécialistes »

Deux premiers entretiens ont été réalisés en tout début de ce travail de recherche. Ceux-ci ont été menés en phase exploratoire, et avaient pour but de mener une première réflexion sur les potentiels de développement de différentes filières d'EnR. Premièrement, la rencontre avec **Michel Huart**, spécialiste en EnR, a eu lieu le 09/09/19. Elle a donné lieu à une discussion enrichissante qui a principalement permis de : (1) définir le potentiel de développement théorique des EnR avec un regard sur l'aménagement du territoire, et (2) de mieux appréhender le contexte réglementaire du photovoltaïque en Wallonie. Le deuxième entretien, planifié avec **IDETA** le 07/09/19, avait pour but de discuter du potentiel de développement des énergies renouvelables en Wallonie picarde. Finalement, cette étude s'est étendue à l'ensemble du territoire wallon.

Un troisième entretien a été mené en phase d'approfondissement du sujet avec **Cécile Heneffe** le 05/12/19. Son expertise en biométhanisation a permis d'alimenter une grosse partie des résultats sur les freins au développement de la biométhanisation. Ces trois entretiens ont été enregistrés et retranscrits ; ils sont disponibles en Annexe 3 si le lecteur est intéressé.

2.3. Enquête

Sur base des connaissances acquises au travers des premiers entretiens, une enquête a été réalisée (Annexe 4). Dans la limite du temps impartie, il n'aurait pas été possible de rencontrer une centaine d'agriculteurs. **La réalisation d'une enquête avait donc pour but d'atteindre efficacement un plus grand nombre.**

L'enquête, proposant des questions sur le photovoltaïque, l'éolien, la biométhanisation et les agro-combustibles a été diffusée auprès d'un maximum d'agriculteurs wallons avec pour objectifs de :

- Faire **un** premier état des lieux des énergies renouvelables à la ferme, à défaut de pouvoir réaliser un état des lieux exhaustif ;
- Percevoir l'étendue de certaines barrières/freins au développement identifiés au préalable lors des entretiens exploratoires ;
- Cerner un grand éventail d'opinions d'agriculteurs sur les possibilités de production d'EnR à la ferme en général, avec une possibilité de lier ces positions aux caractéristiques des exploitations agricoles.

Les résultats de l'enquête n'ont pas été soumis à une analyse statistique particulière ; une analyse des correspondances multiples aurait pu être réalisée mais cela n'a pas semblé nécessaire. En effet, la plupart des résultats escomptés ont pu être obtenus directement. De simples tableaux croisés dynamiques et quelques tests d'indépendance (tests statistiques de X^2) ont été utilisés afin de mettre en évidence des relations entre les variables. Les résultats ont été retranscrits dans les chapitres correspondants à la filière d'énergie auxquels ils se rapportent. La représentativité de l'échantillon de sondés est discutée dans le chapitre « Résultats généraux de l'enquête ».

Divers organismes ont été contactés et ont accepté de diffuser l'enquête :

- La **FWA** et ses divisions locales, via leur liste d'adresses à un très grand nombre d'agriculteurs (plusieurs centaines, difficile à chiffrer) le 21/10/19 puis via les réseaux sociaux le 24/10/19 ;
- Le **Sillon belge**, journal agricole, via Facebook le 29/10/19 (> 11.000 abonnés) ;
- La **Coopérative Gaume Énergies SCRL** le 12/11/19 ;
- Le **Parc naturel du Pays des Collines** le 14/11/19 via mail à une centaine d'agriculteurs de Wallonie picarde ;
- Le **Parc naturel des Plaines de l'Escaut** le 19/11/19 via mail aux agriculteurs partenaires de leurs projets ;
- Le **Collège des producteurs** le 19/11/19 via leur Newsletter à quelques 600 personnes, via un post Facebook (1 700 fans), un tweet (500 abonnés) et sur leur site internet filagri.be (5 000 pages vues par mois) ;
- Le **RwDR** via sa Newsletter du mois de novembre (22/11/19).

A côté de ces partages majeurs, de nombreux partages individuels ont été réalisés sur les réseaux sociaux. L'enquête a été ouverte du 21/10/19 au 02/12/19 (45 jours).

2.4. Revue de littérature grise, formations & conférences

A côté de ces entretiens et de l'enquête, décrits ci-avant, **la participation à la « Belgian Biogas Week »** organisée par ValBiom, le Centre de coordination flamand de traitement des effluents d'élevage (Vlaams Coördinatiecentrum Mestverwerking, VCM, son parallèle flamand) et Biogas-E, les 26-27 et 29/11/19, a apporté une foule d'informations quant à l'avenir de la biométhanisation et du biogaz en Belgique.

D'autres activités annexes ont servi de sources d'information précieuses à la rédaction de ce travail. Il est compliqué de rendre état de façon exhaustive de tout ce qui a été appris lors de ces différentes activités. Elles seront donc simplement énumérées :

- La conférence à l'ULB le 01/10/19 intitulée « Transition énergétique & Développement durable » a permis de mieux appréhender les enjeux de la transition énergétique.
- La séance d'information communale à Antoing du 23/09/19 dirigée par IDETA sur l'initiative « COLECO » a permis de se plonger dans la notion de « Communauté d'énergies renouvelables ».
- Participation à une réunion de signature d'un projet de photovoltaïque en financement par tiers-investisseur avec la coopérative citoyenne CLEF le 30/10/19 ;
- La formation « Énergies à la ferme » organisée avec ValBiom et la FJA, suivie les 05-12/12/19 a servi d'approfondissement du sujet et a permis la visite de l'unité de biométhanisation du Haut Geer le 14/12/19.

Enfin, quelques sources de « littérature grise » ont nourri cette étude et méritent d'être cités ici, comme le rapport récent de l'ADEME et al. (2018) intitulé : « *Agriculture et énergies renouvelables : contributions et opportunités pour les exploitations agricoles* », les panoramas et guides pratiques sur les bioénergies, édités par ValBiom, et les articles scientifiques de vulgarisation de la revue Renouvelle sur l'actualité des énergies renouvelables en Belgique.

RÉSULTATS GÉNÉRAUX DE L'ENQUÊTE

La diffusion de l'enquête a donné lieu à la collecte de 133 réponses. Les derniers recensements agricoles font état de 12.649 exploitations en Wallonie en 2017 (SPW Agriculture, 2019). Cela signifie que **l'échantillon ne représente qu'environ 1% de la population totale d'agriculteurs wallons**.

La diffusion de l'enquête par divers relais et canaux de communication a permis d'atteindre des agriculteurs de localités variées en Région wallonne (Figure 2) : des réponses ont été récoltées dans un tiers des communes wallonnes (94 communes sur 262).

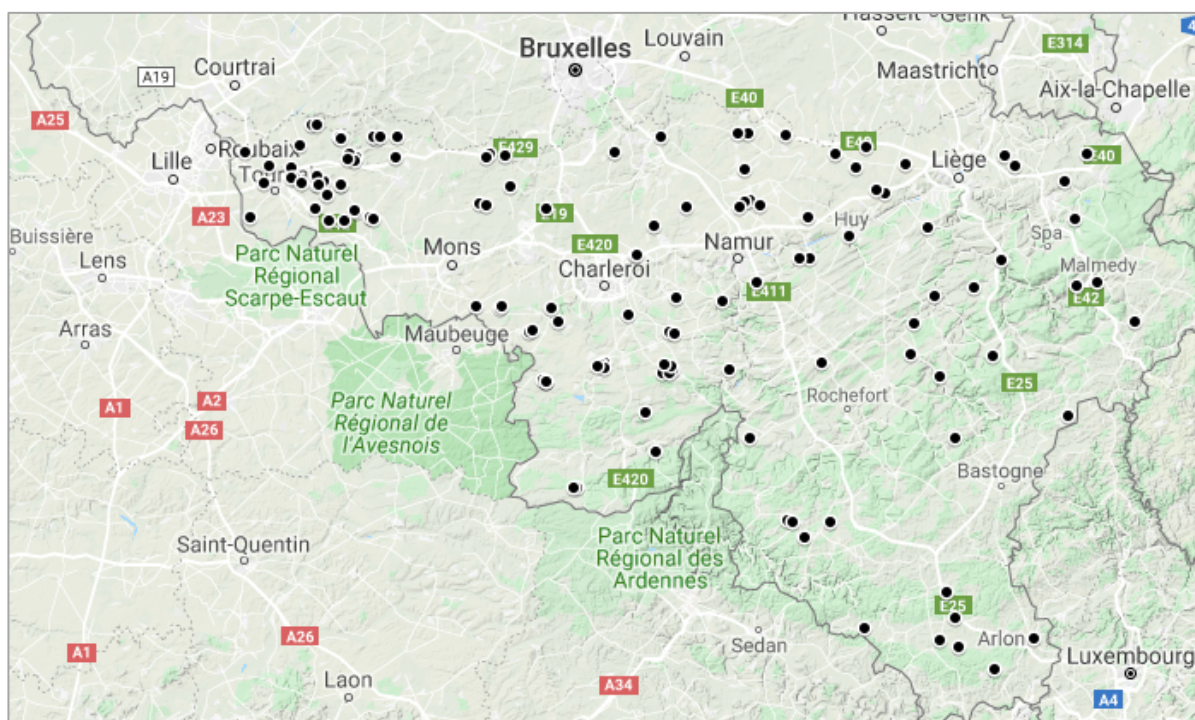


Figure 2 Répartition géographique des sondés en Wallonie

1. Implication générale des agriculteurs dans la production d'énergie renouvelable

Parmi les 133 agriculteurs ayant donné réponse à l'enquête, le taux d'implication dans la production d'énergies renouvelables est très élevé: 64 ont des panneaux solaires photovoltaïques (et 1 thermiques), 2 ont une éolienne domestique, 5 ont une unité de biométhanisation agricole ou font partie d'une coopérative ou développent un projet, 1 fait partie d'un réseau de chaleur à partir d'une chaudière biomasse communale, et au moins 15 produisent des agro-combustibles (dont 5 du miscanthus).

En bref, 78 agriculteurs sur 133 sont impliqués dans la production d'énergie (ceci tient compte des multiples contributions), soit près de 60%. Il est cependant important de questionner la représentativité de cet échantillon par rapport à l'ensemble des agriculteurs wallons. Les agriculteurs déjà impliqués dans la production de renouvelable pourraient avoir été davantage interpellés par l'annonce de cette enquête.

2. Discussion de la représentativité de l'échantillon

Répartition géographique

En premier lieu, la représentativité des sondés par rapport à la population d'agriculteurs wallons a été étudiée selon les différentes provinces wallonnes (Tableau 1). Un réseau de contact plus dense en Wallonie picarde a conduit à une surreprésentation des répondants en province de Hainaut. La province de Liège est au contraire sous-représentée.

Tableau 1 Répartition géographique des sondés et des agriculteurs wallons par province

Province	Répartition des sondés par province	Répartition des exploitations agricoles wallonnes par province (Statbel, 2017)
Hainaut	44,4%	31,2%
Namur	23,3%	18,1%
Luxembourg	12,0%	17,9%
Brabant wallon	4,5%	7,8%
Liège	15,8%	25,0%
Total	100% - 133 sondés	100% - 12.632 exploitations

Répartition par tranche d'âge

Ensuite, la répartition des sondés en fonction de leur âge a été analysée (Figure 3)⁵.

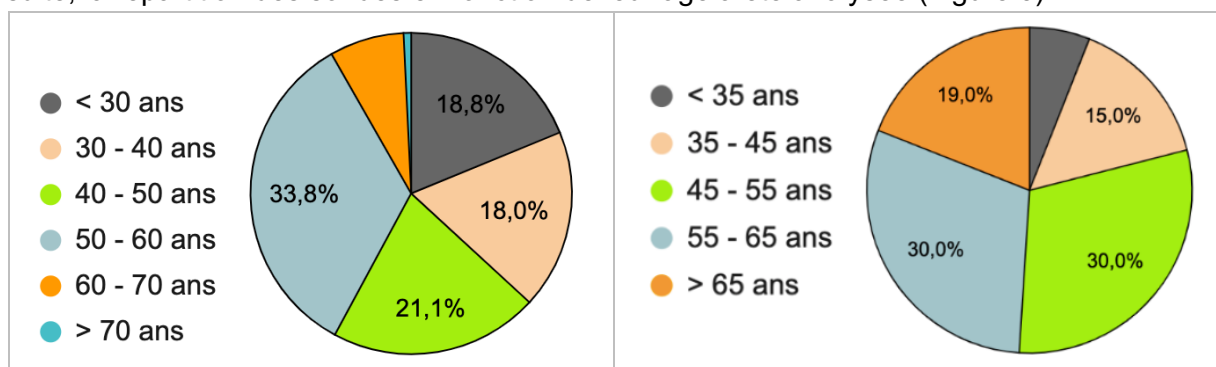


Figure 3 Répartition par tranches d'âge des sondés (gauche) et de la population d'agriculteurs wallons (droite)

Bien que les tranches d'âges ne soient pas découpées exactement de la même manière dans l'enquête et dans les statistiques agricoles disponibles, il est néanmoins clair que les plus jeunes (<30 ans) sont surreprésentés dans les réponses à l'enquête. Le canal de diffusion majoritaire (réseaux sociaux) a vraisemblablement touché davantage les jeunes agriculteurs. *A contrario*, les agriculteurs au-delà de la soixantaine sont sous-représentés.

⁵ Note : Adapté de « L'agriculture wallonne en chiffres – 2019 », par SPW Agriculture (2019). Consulté à l'adresse <https://agriculture.wallonie.be/agriculture-wallonne-en-chiffres>

Répartition par tailles d'exploitation

La représentativité des sondés a également été vérifiée selon la taille des exploitations. Les critères sélectionnés pour juger de la taille de l'exploitation ont été la surface agricole utile (SAU) totale occupée et la taille du cheptel en nombre d'unités gros bétail (UGB). La représentativité des sondés par SAU est montrée en Figure 4.

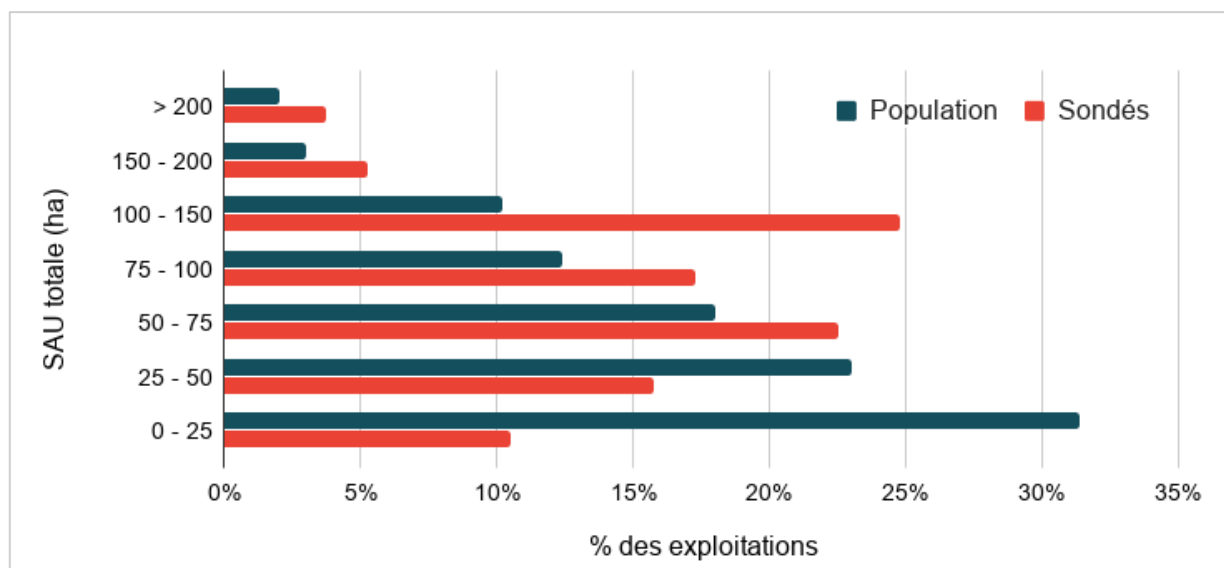


Figure 4 Répartition par classe de surface agricole utile (SAU) des sondés et de la population d'agriculteurs wallons

En moyenne, les sondés exploitent une SAU de 85ha, alors que la moyenne wallonne est un peu sous les 60ha. L'enquête a davantage touché les exploitations « moyennes à grosses » : plus de 60% des répondants ont une SAU située entre 50 et 150ha alors que cette catégorie ne représente normalement que 40% des exploitations agricoles wallonnes. **Les « petites exploitations »** (définies arbitrairement en-dessous des 50ha) sont quant à elles **largement sous-représentées**.

Le cheptel moyen des sondés est d'approximativement 150 UGB. La taille du cheptel comprend tous les élevages de l'exploitation confondus : les UGB bovins, porcins, etc. n'ont pas été différenciés. La taille du cheptel pourra donc être utilisée comme indicateur entre différents sous-groupes de sondés mais ne pourra pas être comparée à la population totale d'agriculteurs wallons, pour laquelle cet indicateur n'est pas disponible.

Pour expliquer un taux de réponse plus faible pour les petites exploitations, il convient de se demander si la cause provient d'une visibilité réduite de l'annonce de l'enquête. Un des canaux de communication principal était la FWA, un syndicat agricole et il est probable que les toutes petites exploitations ne soient pas syndiquées. D'autre part, les plus petites exploitations pourraient être, par nature, moins intéressées par la production d'énergies renouvelables ayant des besoins en énergie plus faibles et/ou moins de capital à investir, et ont donc moins d'intérêt à (ou pas la possibilité de) investir dans une installation de production d'énergie.

Répartition par catégories d'activités

Enfin, il est également intéressant de vérifier si toutes les filières de production agricole sont bien représentées par l'enquête (Tableau 2). A nouveau, le taux de participation à l'enquête en fonction des différentes filières de production agricole peut éventuellement refléter un intérêt différé pour le sujet.

Tableau 2 Représentativité des sondés en fonction des filières d'activité des exploitations

Filières d'activités agricoles	Répartition des sondés par filière	Répartition des exploitations agricoles wallonnes par filière ⁶
PRODUCTIONS ANIMALES		
Éleveurs bovins laitiers	53% (70)	28% (3500)
Éleveurs bovins viandeux	50% (66)	47% (5900)
Éleveurs porcins	7% (10)	5% (582)
Éleveurs ovins	4% (5)	4% (459)
Éleveurs caprins	1% (1)	1% (108)
Éleveurs volailles	11% (15)	3% (400)
PRODUCTIONS VÉGÉTALES		
Producteurs de céréales	69% (92)	66% (8300)
Producteurs de betteraves	47% (63)	32% (4000)
Producteurs de pommes-de-terre	32% (42)	32% (4000)
Total	133 répondants	12649 exploitations

Parmi les répondants à l'enquête, on remarque d'abord une grosse surreprésentation des éleveurs laitiers (53% parmi les sondés contre 28% dans la population originale). Notre hypothèse est la suivante : **les éleveurs laitiers ont de gros besoins électriques et sont donc plus intéressés par la production d'EnR**. Cette hypothèse sera rediscutée dans les sections suivantes.

Deux autres catégories sont surreprésentées au sein des sondés : les producteurs de betteraves et les éleveurs de volailles. À côté d'un intérêt potentiellement plus important pour la production d'EnR, d'autres raisons peuvent être avancées. Pour la catégorie volailles, il y a peut-être un décalage entre échantillon et population : à savoir entre détenir de la volaille et être producteur de volailles professionnel. La question posée dans l'enquête ne permet pas d'aller à ce niveau de détail. En ce qui concerne la proportion élevée des betteraviers, une correspondance pourrait être établie entre le taux de réponses des betteraviers et la diffusion géographique de l'enquête dans les différentes régions agricoles wallonnes. En effet, les betteraviers sont principalement situés dans les régions agricoles de grandes cultures (Hainaut et Hesbaye). **L'enquête a particulièrement percé dans ces régions hautement spécialisées en cultures betteravières** (Confédération des betteraviers belges asbl, s. d.).

⁶ Les données sont issues du site internet www.filagri.be dans les rubriques « Les chiffres-clés » pour chaque secteur correspondant.

Photovoltaïque



CHAPITRE 1 : LA FILIÈRE PHOTOVOLTAÏQUE DANS LE SECTEUR AGRICOLE WALLON

1. Pertinence du photovoltaïque

1.a. Pertinence environnementale, bilan énergie et bilan carbone

Les énergies dites « de flux » (soleil, vent, eau), contrairement aux énergies « de combustibles » ont la possibilité de rembourser leurs dette énergétique et dette carbone sur leur temps de vie (Wilkin, 2017). La fabrication de modules photovoltaïques, l'extraction du silicium et encore le transport des panneaux (depuis la Chine vers l'Europe dans la plupart des cas) nécessitent de l'énergie, et consécutivement sont responsables d'émissions de GES. Par contre une fois mis en place, ils produisent une énergie propre et évitent dès lors l'utilisation d'énergie fossile. Une installation idéalement orientée et inclinée (plein Sud, 35°) en Belgique produira 900kWh par kWc⁷ de puissance installée annuellement. La production de panneaux photovoltaïques installés en Belgique permet de rembourser leur dette énergétique en à peu près 3 ans (Corhay, 2016).

En matière de carbone, le bilan (temps de retour CO₂) dépend de la technologie photovoltaïque (mono-/poly-cristallin/amorphe) et de l'origine des panneaux. Globalement, on peut considérer que la dette carbone est remboursée entre 3,2 ans quand la production des modules photovoltaïques est réalisée en Europe et 6,6 ans quand ils sont importés de Chine (Yue, You, & Darling, 2014).

Enfin, le recyclage est un élément important à aborder car il est souvent questionné. Pourtant, la population peut être rassurée, M. Huart confirme lors de notre entretien: 95% de la masse des matières constituant les panneaux photovoltaïques sont recyclés (communication personnelle, 09 septembre 2019). En effet, les matières principales (aluminium, verre, cuivre, argent...) ne sont pas trop inter-mélangées et peuvent être récupérées très facilement. Les matériaux une fois séparés peuvent permettre de fabriquer de nouveaux panneaux PV, ou peuvent être réutilisés dans les filières classiques et/ou revendus sur les marchés du cuivre, de l'argent, etc. (« Photovoltaïque.info - Démontage et recyclage des installations photovoltaïques », s. d.). Seules certaines matières (résines, éléments plastiques...) ne sont pas encore recyclées.

1.b. Maturité technique et économique

En seulement 10 ans, le photovoltaïque a connu une très forte croissance et est littéralement devenue une technologie « à bas coût » (Haveaux, 2019). La production industrielle des modules photovoltaïques, de par d'énormes économies d'échelle, a connu une chute de 90% des coûts de fabrication pour toutes les technologies (IRENA, 2019). La chute de ces coûts de production a rendu la technologie photovoltaïque plus compétitive que les énergies fossiles pour produire de l'électricité, « même sans soutien financier » (Haveaux, 2019).

En effet, en 2019 en Belgique, on peut acheter le photovoltaïque à un prix de 1 à 1,5€ par Watt crête de puissance de panneau (« Installer un système photovoltaïque : aspects pratiques », 2019 ; M. Huart, communication personnelle, 09 septembre 2019). On peut considérer que pour une grosse

⁷ Le Watt crête est l'unité utilisée pour chiffrer la puissance d'un générateur photovoltaïque, c'est-à-dire, la « puissance électrique maximale qu'une cellule photovoltaïque peut fournir dans des conditions optimales (capteur face au soleil par ciel découvert) » (APERe, s. d.-c).

installation, chaque kWc installé coûtera initialement 1.000€ (HTVA, installation comprise). Le coût de revient du kWh peut être calculé rapidement : cette installation d'1 kWc produira 900kWh/kWc.an pendant 25 ans, soit 22.500kWh sur son temps de vie. **Le coût de revient⁸ ne s'élève donc qu'à 4,4c€/kWh⁹.** Ce coût de revient est près de 5 fois inférieur au prix d'achat de l'électricité pour un ménage wallon (~25c€/kWh) (M. Huart, communication personnelle, 09 septembre 2019). Bref, la technologie a atteint une grande maturité, technique et économique. Il faut néanmoins savoir qu'en Wallonie, le cadre tarifaire pour le photovoltaïque est diamétralement différent selon la taille de l'installation...

1.c. Cadre tarifaire wallon pour le photovoltaïque : on déchiffre !

La CWaPE est le régulateur pour la région wallonne au même titre que la VREG en Flandres. Elle est chargée de fixer la réglementation tarifaire. La CWaPE fixe un seuil de 10kVA (kiloVoltAmpère) qui représente la puissance maximale apparente d'une installation photovoltaïque, mesurée à la sortie de l'onduleur. Cette puissance est généralement très proche de la puissance nominale des panneaux, mesurée en kWc (kiloWattcrête). **Les modèles économiques en-deçà et au-delà du seuil d'injection de puissance de 10kVA sont très différents. On ne calculera pas la rentabilité de l'installation de la même manière.**

Dans le cas d'une petite installation domestique (<10kVA), le bénéficiaire des panneaux PV va pouvoir profiter du « compteur qui tourne à l'envers¹⁰ ». Avec ce principe, toute l'électricité produite par son installation va être déduite de sa consommation d'électricité sur son compteur, peu importe que sa production soit en phase ou non avec sa consommation. Cela signifie que chaque kWh produit par son installation va être déduit de sa facture d'électricité, comme s'il avait simplement consommé un kWh de moins (avec la restriction de ne pas pouvoir aller en-dessous de zéro). **Pour les petites installations, le kWh produit est donc valorisé au prix d'achat du kWh sur le réseau : c'est-à-dire ~25c€.**

Le compteur qui tourne à l'envers est la seule valorisation actuelle des petites productions photovoltaïques. Étant donné la fin du plan Solwatt en 2014, et du plan Quali watt en 2018, il n'y a **plus ni primes ni certificats verts octroyés aux nouvelles installations résidentielles**. La technologie photovoltaïque est aujourd'hui devenue très rentable sans aucune aide étant donné les faibles coûts de production (« Installer un système photovoltaïque : aspects pratiques », 2019).

Cependant, il est aujourd'hui conseillé de prendre en compte le **tarif prosumer** dans les calculs de rentabilité (Haveaux, Wilkin, & Leloux, 2019). Le tarif *prosumer* est, non pas une taxe, mais un tarif pour l'utilisation du réseau, visant à faire contribuer de manière équitable tous les utilisateurs du réseau aux coûts et financement du réseau. Car, en effet, le *prosumer* sollicite bel et bien le réseau quand sa production et sa consommation ne sont pas synchronisées (CWaPE, 2019). Attention, il ne s'agit pas d'un tarif d'injection mais d'un tarif de prélèvement. Selon B. Delaite (Communication

⁸ Coûts de l'installation rapportés à la production électrique totale sur le temps de vie des panneaux (1.000€/22.500kWh)

⁹ Validation : Le coût de l'électricité produite à latitude comparable (Allemagne) est de 43,9€/MWh en 2018 (Wilkin, 2019).

¹⁰ Cette expression désigne le mécanisme par lequel la facture d'électricité d'un *prosumer* (i.e. : producteur-consommateur) est appliquée au bilan net d'électricité consommée : pratiquement le compteur tourne à l'envers quand il y a consommation, puis à l'envers quand il y a production (d'où le nom) et la consommation résiduelle est facturée.

personnelle, 30 octobre 2019), le tarif monterait à environ 300-500€ pour une production de seulement 5.000kWh/an. Selon l'APERe, la rentabilité s'élève pour une installation domestique moyenne de 4 à 6% avec le tarif *prosumer* ou de 6 à 8% sans ce tarif (Haveaux, Wilkin, & Leloux, 2019). Donc, quoiqu'il en soit, l'investissement en vaut la chandelle et reste plus rentable qu'un compte d'épargne classique.

Pour les installations de puissance apparente supérieure à 10 kVA, il n'est pas possible de profiter du compteur qui tourne à l'envers car ces installations font obligatoirement l'objet d'un comptage distinct pour le prélèvement et l'injection (CWaPE, 2019). Le bénéficiaire des panneaux doit dans ce cas chercher un fournisseur avec qui faire un contrat. Généralement, il est possible de valoriser l'électricité produite à un prix de l'ordre de 3c€/kWh. Ce prix de vente étant très faible, il devient nettement intéressant pour le producteur d'auto-consommer un maximum de sa production, car de cette manière le kWh produit est valorisé à hauteur des 25c€. **Avec cette réglementation actuelle, il est clairement important pour les grosses unités de production de consommer l'électricité en phase avec la production.** Notons aussi que pour ces grosses unités, il y a toujours des certificats verts octroyés (avec un plafond à 2,5 CV/MWh), si les conditions d'autoconsommation sont respectées.

1.d. Parc photovoltaïque wallon et objectifs 2030

L'observatoire photovoltaïque de l'APERe fait actuellement état d'une puissance installée de 4.255 MWc en Belgique, ce qui représente 31 km² de surface de panneaux : « la puissance de quatre réacteurs nucléaires » (APERe, 2019c, Puissance installée). Seulement 27% de cette puissance se situe en Wallonie (soit un peu plus de 8km²) et, 71% et 2% se situent en Flandre et à Bruxelles respectivement.

Tandis que Bruxelles se voit doté d'une majorité de grandes installations (N.B. : $P > 250$ kWc), la Wallonie voit une tendance inverse où les grosses installations ne décollent pas ou très peu (Figure 5). **La Wallonie se caractérise en effet par 80% de petites installations ($P < 10$ kWc) qui, sans surprise, se sont développées car elles bénéficiaient du « compteur qui tourne à l'envers »** (M. Huart, communication personnelle, 09 septembre 2019). Les différences de développement entre les différentes régions sont donc clairement liées aux spécificités de cadres tarifaires.

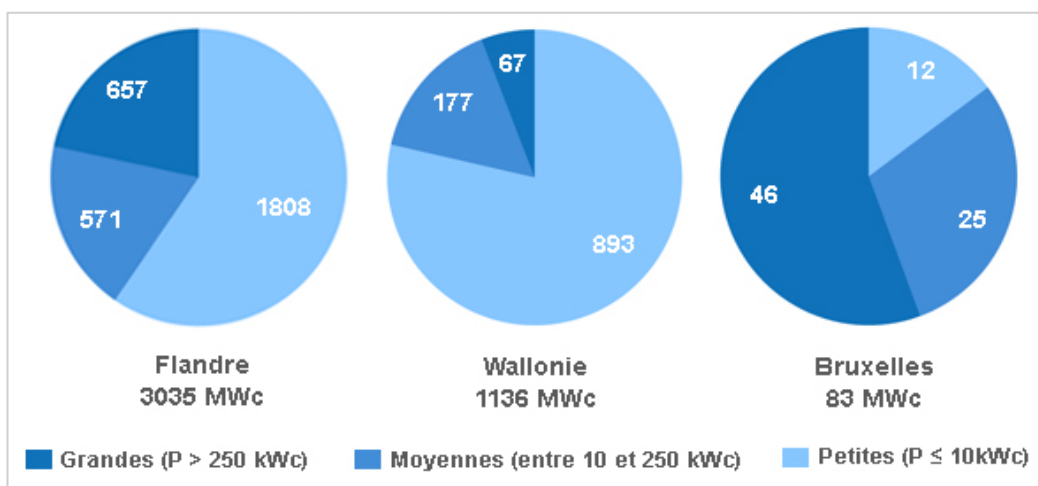


Figure 5 Répartition des puissances installées de photovoltaïque dans les 3 régions (Flandre, Wallonie, Bruxelles)¹¹

Selon le plan wallon Énergie-Climat 2030 (2018), **les objectifs en termes de production photovoltaïque pour 2030 s'élèvent à 3.300GWh**. Vu la production photovoltaïque actuelle wallonne de 976GWh (APERe, 2019c), on doit plus que tripler la production PV. Selon l'expert de l'APERe B. Wilkin (2019), l'objectif est « tout-à-fait atteignable » voire « mériterait d'être revu à la hausse » au vu du prix de la technologie et de la naissance de l'autoconsommation collective. Cette notion sera développée dans la section « Pistes de déploiement à plus grande échelle ».

¹¹ Note: Figure reproduite de « Le photovoltaïque en 2018 : Marché relancé, production record », par Wilkin B., 2019, *Renouvelle*.

2. Compatibilité du photovoltaïque avec l'agriculture

2.a. Les avantages d'une production photovoltaïque à la ferme

Outre les avantages que procurent une quelconque production d'EnR à la ferme (diminution des charges en électricité, diversification des revenus, augmentation de l'autonomie énergétique de l'exploitation et éventuellement du territoire, amélioration de l'image du secteur agricole, ...), la production d'énergie photovoltaïque offre d'autres avantages qui lui sont propres.

Les principaux avantages du photovoltaïque pour l'agriculteur sont :

- La maturité technologique : la technologie photovoltaïque n'est pas spécifique au secteur agricole, elle a d'abord été déployée par les entreprises et les ménages et bénéficie donc déjà d'une très grande expérience sur le terrain. Cela donne une bonne sécurité par rapport à la qualité des panneaux, et de l'installation.
- Le large panel d'offres : facile de trouver un installateur ; mise en concurrence ; très accessible. Vu le déploiement important de la technologie, il est facile pour l'agriculteur de contacter des porteurs de projet photovoltaïque.
- La maintenance assurée par un tiers : l'agriculteur n'a donc pas besoin de compétences spécifiques pour la gestion de l'installation ;
- La charge de travail nulle : l'installation ne demande pas de charge de travail supplémentaire au quotidien, ne change pas en soi la routine de travail de l'agriculteur et ne demande pas de main d'œuvre supplémentaire.

2.b. De multiples opportunités pour l'agriculteur

Les exploitations agricoles disposent très souvent de larges surfaces de toit. En particulier, les filières de grande culture et polyculture disposent de grands hangars pour l'entreposage du matériel et engins agricoles et le stockage des récoltes et, les filières d'élevage, d'étables et autres lieux de stockage des fourrages (ADEME et al., 2018). Alors que certains ménages ne disposent pas de toit adéquat à la pose de panneaux et que d'autres, locataires, ne peuvent pas forcément en disposer, de nombreuses exploitations agricoles ont elles cette opportunité de pouvoir retirer un revenu et valoriser les larges surfaces de toit à leur disposition.

L'augmentation de l'autonomie énergétique de l'exploitation constitue une deuxième opportunité. On a vu que dans le contexte actuel en Wallonie, la meilleure valorisation de l'électricité produite réside dans l'autoconsommation. Or, certaines filières agricoles ont des besoins en électricité élevés et pourraient donc y voir un grand intérêt que de produire leur propre énergie, par exemple les filières de :

- Grandes cultures de type légumes (principalement pommes de terre, carottes, oignons, ...) qui occupent de grands bâtiments agricoles pour le stockage et qui ont eux-mêmes des besoins électriques élevés pour la ventilation lors du stockage ;
- Élevages laitiers, qui disposent de grands bâtiments d'élevage et qui ont également de grands besoins en électricité pour la production de lait (traite et stockage).

Au vu du potentiel élevé mais aussi du besoin apparent en électricité, ces types d'exploitations apparaissent donc *a priori* intéressantes pour une production d'énergie solaire photovoltaïque. Bien entendu, on rappellera qu'une réflexion sur la consommation doit être faite préalablement. Par exemple dans le cas des exploitations laitières, l'installation d'un pré-refroidisseur de lait est souvent conseillée en priorité à une installation photovoltaïque (B. Delaite, communication personnelle, 30 octobre 2019). Une réflexion sur l'autoconsommation sera détaillée dans une section ultérieure.

A côté des installations photovoltaïques sur bâti agricole, il y a aussi :

- Les **centrales solaires au sol**, rangées de panneaux montés sur châssis, fixes ou mobiles (suivant l'orientation du soleil) ;
- Les « **trackers** » **solaires**, installations souvent de moindre envergure, suivant l'orientation du soleil, structures autoportantes sur un pied ;
- Les **serres agricoles photovoltaïques**.

Chacun de ces types d'installations disposent aussi de nombreux intérêts. Les **centrales au sol** font souvent l'objet de débat pour la concurrence d'usage de surfaces agricoles fertiles. Pourtant, elles peuvent se combiner particulièrement bien avec une production agricole dans certains cas. Au moins 2 filières agricoles permettent l'intégration intelligente de centrales au sol : l'élevage ovin et le maraîchage. Dans le cas de l'élevage ovin, les panneaux peuvent être installés en hauteur (à environ 1,5m du sol, par exemple) pour ne pas causer trop d'ombre au sol et laisser les moutons circuler librement autour des installations (Figure 6).

Pour le maraîchage, on peut imaginer des rangées de culture (sous tunnel ou à l'air libre) alternées de rangées de panneaux ; selon l'intensité de l'ombrage, on optera pour des cultures qui nécessitent plus ou moins peu de lumière (ADEME et al., 2018 ; Figure 7). De plus, les installations PV hors toitures bénéficient d'une meilleure aération et donc de performances optimales des cellules PV, mais aussi d'une meilleure accessibilité pour la maintenance et le raccordement au réseau (ADEME et al., 2018).



Figure 6 Compatibilité de l'élevage ovin avec une installation PV au sol ¹²

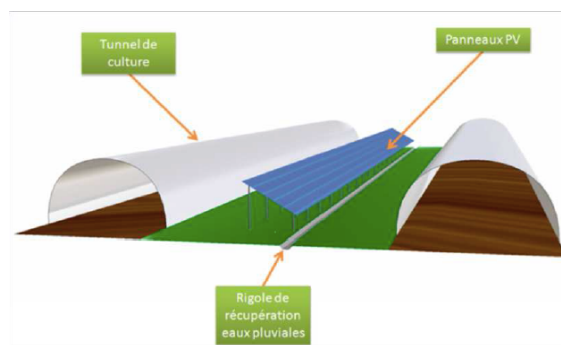


Figure 7 Compatibilité du maraîchage avec une installation PV au sol ¹³

¹² Note : reproduit de « Agriculture et Énergies renouvelables : contributions et opportunités pour les exploitations agricoles », ADEME et al., 2018, p. 139.

¹³ Note : idem

En Belgique, ces installations au sol se limitent souvent à de petites structures de moins de 10 panneaux et posées sur un simple pied, ce qu'on appelle communément « **tracker solaire** » (Figure 8). De par le peu de surface au sol qu'ils monopolisent, il n'y a pas lieu de parler de concurrence d'usage de la parcelle. Comme explicité avant, les panneaux hors toiture bénéficient d'une meilleure ventilation. Mais il faut mettre en balance cette augmentation de rendement avec les coûts supplémentaires pour la structure, la dalle en béton (fondation) et le moteur du suiveur (« Choisir un suiveur solaire », 2010).

Enfin, les **serres photovoltaïques** consistent à intégrer des modules PV dans la structure même de la serre (Figure 9). Ce type d'installation n'est pas forcément envisageable pour les serres déjà existantes car plusieurs critères doivent être remplis simultanément (ADEME, 2018). L'installation de panneaux sur serres va nécessiter une orientation favorable, et une structure portante et une aération adaptées. Les serres photovoltaïques semblent néanmoins constituer une belle opportunité pour le développement futur du maraîchage.



Figure 8 "Tracker" solaire sur pied¹⁴



Figure 9 Système intégré de panneaux photovoltaïque et mise en culture de la parcelle¹⁵

Encore d'autres modèles d'intégration de l'énergie photovoltaïque aux systèmes agricoles sont en cours de développement (ADEME et al., 2018). Par exemple, les panneaux peuvent être montés sur un système de treillis 5 à 8 mètres en « lévitation » au-dessus du sol permettant le passage d'engins agricoles et la gestion de la parcelle (Figure 10). Des panneaux semi-transparents se développent également, ce qui permettrait de laisser la lumière entrer dans les serres agricoles... Lorsque le système de production PV s'inscrit dans une synergie de fonctionnement avec une production agricole, on parle alors d'**agrivoltaïque**.

¹⁴ Note : reproduit de « Choisir un suiveur solaire », 2010. Consulté sur energieplus-lesite.be

¹⁵ Note : reproduit de « Mallemort expérimente un nouveau type de serre photovoltaïque », par Wanaverbecq, C., Garcia, C., & Dejeu, M. (2017, 26 octobre). Consulté sur <https://www.lemoniteur.fr/article/mallemort-experimente-un-nouveau-type-de-serre-photovoltaïque.958454>



Figure 10 Agriculture et production solaire photovoltaïque sur une même surface: exemple d'agri-voltaïque, projet pilote installé en Allemagne (près du lac de Constance)¹⁶

Enfin, l'agriculteur peut prendre plusieurs rôles dans l'installation PV : il peut décider d'investir lui-même, d'investir collectivement ou encore de mettre des surfaces de toit (ou de terres) à disposition d'un tiers-investisseur. Le cas de tiers-investissement a été étudié chez l'un des agriculteurs rencontrés lors des entretiens. Dans ce cas bien précis, c'est la coopérative citoyenne CLEF qui signait un contrat avec l'agriculteur pour un projet photovoltaïque en tiers-investisseur. Un schéma du modèle de tiers-investissement est disponible en Figure 11.

L'installation de panneaux en tiers-investissement peut intéresser les agriculteurs pour plusieurs raisons :

- 1- L'agriculteur se décharge des nombreuses démarches et responsabilités (demander un devis à un installateur, contrôler et faire la maintenance de l'installation, ...).
- 2- L'agriculteur ne fait pas l'investissement initial de l'installation photovoltaïque, et évite éventuellement un crédit supplémentaire.
- 3- L'agriculteur se voit payer une redevance annuelle au tiers-investisseur qui lui revient 15 à 20% moins cher que sa facture d'électricité annuelle avant l'installation (SPW, 2017).
- 4- L'agriculteur devient propriétaire des panneaux à la date de fin du contrat déterminé avec le tiers-investisseur.

En revanche, le gain financier pour l'agriculteur après 25 ans sera 10 à 20% inférieur au gain qu'il aurait obtenu de par un investissement personnel, sans intervention de tiers (calcul réalisé pour un cas précis et une installation avec production estimée de 11.400kWh/an, disponible en Annexe 5).

En conclusion, il y a donc plus d'une façon d'installer du photovoltaïque à la ferme et également plusieurs niveaux d'engagement possibles pour l'agriculteur. On peut voir que différents modèles de financement et investissement sont possibles. Le prix d'achat de la technologie photovoltaïque est aujourd'hui très bon marché et les petites installations sont donc très rentables même sans subsides. De plus, les exploitations agricoles wallonnes ont la chance de disposer de grandes surfaces de toits qui peuvent être facilement valorisées (quand elles sont bien orientées) et qui peuvent alors rapporter facilement de l'argent sans changer ni alourdir le travail quotidien de l'agriculteur. **Le potentiel de développement de la filière photovoltaïque au travers du secteur agricole paraît donc élevé.** Il serait donc intéressant de chiffrer ce potentiel. Une estimation a été réalisée par nos propres moyens et fait l'objet de la section suivante.

¹⁶ Note : reproduit de « Agriculture et photovoltaïque peuvent utiliser une même surface », Huart, M. (2017, 19 Mai). *Renouvelle*. Consulté sur : <https://www.renouvelle.be/fr/technologies/agriculture-et-photovoltaique-peuvent-utiliser-une-meme-surface>

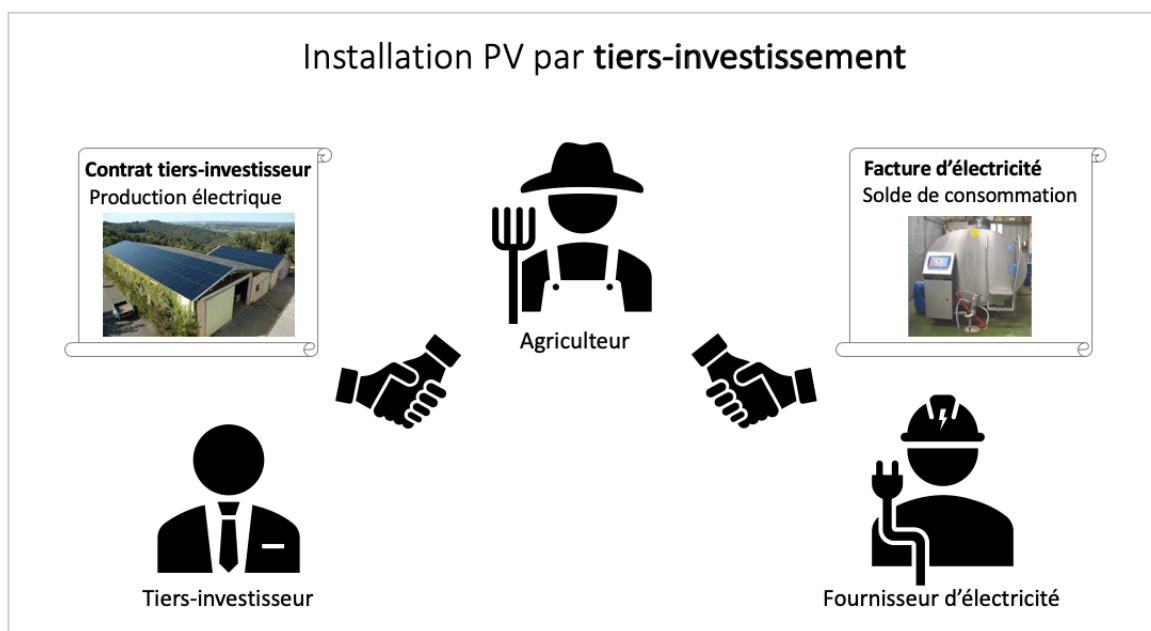


Figure 11 Schéma de fonctionnement d'un modèle d'investissement en photovoltaïque par tiers-investisseur

3. Potentiel de développement

Le *potentiel théorique* de production photovoltaïque est relativement facile à estimer : il s'agit tout simplement d'un calcul de surface. Le *potentiel théorique* peut être partagé en un *potentiel théorique sur toit* et un *potentiel théorique au sol*. Le potentiel sur toit est calculé par, consécutivement : l'estimation de la surface totale de toits du bâti agricole de Wallonie et l'estimation de la part de cette surface qui est adaptée à la production d'énergie solaire (orientation & structure adéquates). Le *potentiel au sol* dépend exclusivement d'un choix d'aménagement du territoire et de la portion du territoire que l'on décide de mettre à disposition pour la production d'EnR. Le potentiel théorique au sol, par contraste avec le potentiel théorique sur toit repose donc directement sur des hypothèses initiales très fortes (liées aux contextes réglementaire, sociétal, politique, ...). Car, bien entendu, la surface qui sera réellement occupée par du photovoltaïque sera la surface « qu'on veut bien » mettre à disposition pour l'installation de panneaux. Et là, il y a lieu de cerner les opinions des agriculteurs et de discuter les enjeux, freins et barrières de ce développement ; cela fera l'objet de sections spécifiques.

3.a. Potentiel théorique sur bâti

La Wallonie comptait 12.649 exploitations agricoles en 2017 (SPW Agriculture, 2019). Selon WalStat - le portail d'informations statistiques locales sur la Wallonie (2019), la part de terrains occupés par des bâtiments agricoles en Wallonie s'élève à **0,6%**. La superficie totale de Wallonie étant de 16.901 km² (Iweps, 2019), la surface de bâti agricole s'élève approximativement à 101,4 km², soit 8.000 m² (80 ares) par exploitation.

Prenant pour hypothèse que les toitures agricoles sont généralement inclinées de 20° (Figure 12 ; Fondation Rurale de Wallonie, 2001), la surface réelle de toiture équivaut à la surface de bâti au sol multiplié par le facteur $1/\cos(20^\circ)$ ou **106%**. L'estimation de la part du bâti agricole permettant réellement l'installation de photovoltaïque doit ensuite tenir compte de certains critères physiques : l'orientation et la capacité portante. Suivant la méthodologie proposée par l'APERe (2017), on peut considérer que **40%** des toits pourront être dédiés si on enlève les toits mal orientés et quelques espaces éventuels entre les panneaux.

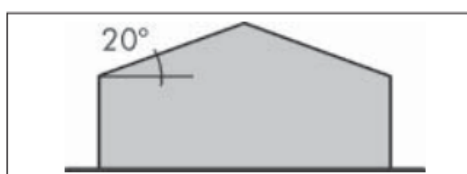


Figure 12 Architecture classique d'un bâtiment agricole¹⁷

Ces hypothèses mènent à une **estimation grossière de la surface de toit moyenne par exploitation, pouvant potentiellement accueillir une installation de production photovoltaïque, de $8.000\text{m}^2 * 106\% * 40\% = 3.400\text{m}^2$.**

Validation par images satellites

Afin d'affiner notre estimation, une série de photos aériennes de fermes wallonnes ont été inspectées (Annexe 6). La part du cadastre attribuée à « surfaces agricoles » paraît surestimer la surface réelle

¹⁷ Note : Reproduit de « *Conseils pour l'intégration paysagère des bâtiments agricoles* », Fondation Rurale de Wallonie, 2001, p.26.

de bâti agricole ; elle doit certainement comprendre les surfaces totales des fermes dont les surfaces bétonnées, etc. Nous utilisons donc une méthode complémentaire pour donner une meilleure estimation de la part de toit de bâti agricole adapté à l'installation de panneaux photovoltaïques.

Validation du calcul par enquête

L'enquête a permis d'interroger les agriculteurs sur la surface de leur toiture qu'ils estiment être adaptée pour l'installation de panneaux photovoltaïques. **En moyenne, les agriculteurs ayant répondu à l'enquête ont une superficie de 670m² jugée disponible pour l'installation de panneaux** (chiffres détaillés en Annexe 7). Les différences de potentiel en fonction des filières d'activité des exploitations n'ont pas pu être mises en évidence étant donné le nombre limité de réponses.

Estimation finale

Dans un souci de ne pas surestimer le potentiel théorique d'installation PV sur toitures agricoles, nous prendrons cette estimation de surface de toiture directement issue des agriculteurs et qui est la moins favorable : **670 m² par exploitation**. En guise de comparaison, la ferme du Bailli à Soignies a installé une grosse unité de production photovoltaïque (nous le verrons, plus grosse que la moyenne) d'une puissance totale de 58kWc, ce qui correspond à environ 500m² de surface de toit occupée par les panneaux (« Avec le comice agricole de Soignies: à la découverte des énergies renouvelables en agriculture », 2019). Un état des lieux du parc photovoltaïque agricole wallon est réalisé et présenté en section 4 afin de mesurer l'état du déploiement actuel de la filière.

Production potentielle d'énergie avec un « gisement de toiture » totalement exploité

Si on estime que cette moyenne est valable pour l'ensemble des exploitations wallonnes, le gisement théorique total de toiture en Wallonie peut être estimé à **8,5 km²**. Avec l'estimation de 100 kWh/m².an (APERe, 2017), la production potentielle d'énergie s'élève à environ **850GWh/an**.

Pour donner un ordre d'idée, un ménage wallon moyen consomme 3.500kWh/an. Cette production potentielle couvrirait donc la consommation de près de 243.000 ménages, soit environ 15% des ménages¹⁸ wallons ! Bien entendu, ce n'est pas si simple, une réflexion doit être menée sur la synchronisation des besoins et productions, la capacité du réseau à accepter ces productions, etc.

3.b. Potentiel théorique au sol

L'installation de centrales photovoltaïques au sol comme discuté en introduction s'avère particulièrement pertinente pour les filières d'élevage de moutons et de maraîchage.

Associer l'élevage de moutons et la production photovoltaïque

La filière « moutons » en Wallonie regroupait 459 éleveurs professionnels en 2015 (avec un cheptel moyen de 90 brebis) et 50.030 amateurs (définis comme élevant moins de 30 brebis) (www.filagri.be). Prenant comme hypothèse que ces 459 éleveurs professionnels ont la possibilité d'installer des panneaux au sol pour un total de 75m² (~10kWc), le « potentiel PV-ovins » s'élèverait à **4,4GWh, soit 3 ha de surface de panneaux**.

¹⁸ Nombre de ménages wallons (2019) : 1.581.386 (Iweps, 2019)

L'hypothèse est critiquable mais elle permet de donner un ordre de grandeur de ce potentiel. Il n'est pas complètement insensé de compter l'ensemble des éleveurs car en contrepartie la surface considérée de 75m² est minuscule à l'échelle d'une prairie.

Cette « filière PV-ovins » pourrait également permettre de revaloriser certaines surfaces wallonnes de friches ou bordures d'autoroutes mais cela sort du cadre de cette étude.

Néanmoins, la filière ovine n'est à ce jour pas une filière de production majeure en Wallonie. Ce potentiel PV-ovins reste très **limité** : ce potentiel calculé de 4,4GWh ne représenterait que 0,5% du potentiel de production PV calculé pour les toitures agricoles.

Les serres agricoles photovoltaïques

Le nombre de serres agricoles photovoltaïques reste encore très limité. Des recherches (projets-pilotes et expérimentations) sont en cours aux Pays-Bas, en France, en Allemagne mais les résultats ne sont pas encore assez clairs que pour imaginer un scénario de développement en Wallonie. Il est fort probable que les Pays-Bas, ayant une large production horticole sous serres, développent prochainement des solutions intelligentes. **Les recherches suivent leur cours mais il est encore difficile de prévoir si les projets de serres photovoltaïques actuels déboucheront sur un développement de grande ampleur en Wallonie.**

4. Contribution actuelle des agriculteurs wallons

4.a. Résultats de l'enquête

Proportion d'exploitations avec panneaux PV

La moitié des agriculteurs ayant donné réponse à l'enquête (64/133) sont équipés en panneaux solaires photovoltaïques. Ensemble, ils contribuent déjà à produire 1.175 MWh d'électricité verte annuellement, avec une production moyenne annuelle d'approximativement 18.400 kWh par exploitation.

Taille des installations

La taille des installations a été étudiée en fonction de leur production annuelle moyenne exprimée en kWh. Il s'agit souvent du paramètre le plus connu par l'agriculteur. Les tailles des installations sont variées : la production annuelle des installations répertoriées s'étend de 5.000 kWh à plus de 50.000 kWh (Figure 13).

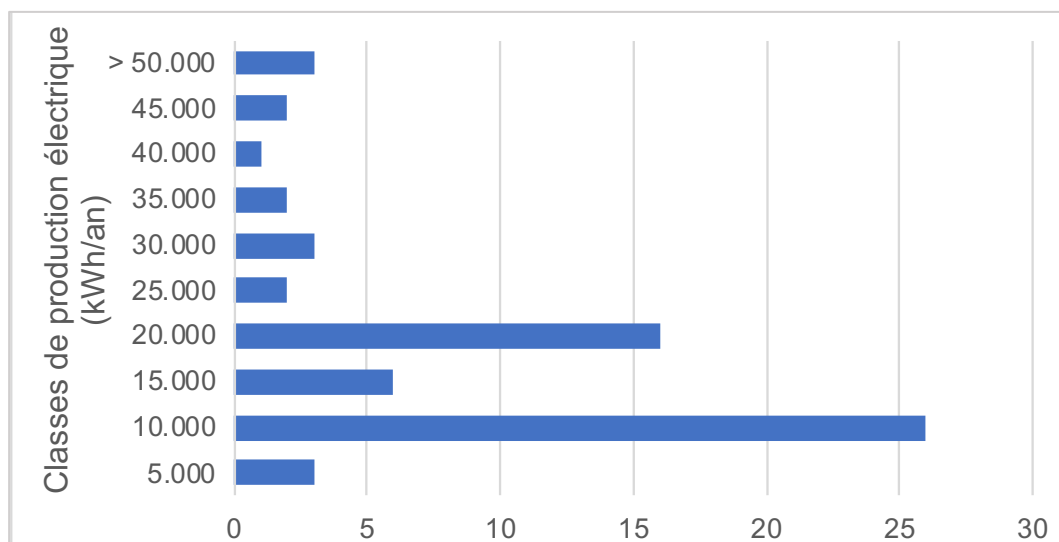


Figure 13 Parmi les 64 installations des agriculteurs sondés, nombre d'installations par classes de production électrique : les classes de 10.000 kWh et 20.000 kWh sont clairement majoritaires.

Une taille d'installation bien particulière sort néanmoins du lot : la catégorie de puissance qui correspond à la limite des 10kVA et permet de produire en moyenne 10.000kWh/an. Ensuite, comme par hasard, la deuxième catégorie de puissance la plus prise est celle correspondant à une production électrique de 20.000 kWh. Il semblerait que certains agriculteurs ont eu la possibilité d'installer deux unités de « 10.000 » en ayant 2 compteurs électriques : un au niveau du ménage, et un deuxième pour l'exploitation agricole. Ce constat avait déjà été fait à plusieurs reprises lors des entretiens exploratoires de terrain. **En effet, dans certains cas, l'exploitation peut être divisée en plusieurs sociétés, disposer de plusieurs compteurs électriques et donc « multiplier » les petites installations PV sous les 10kVA afin de toujours bénéficier du compteur qui tourne à l'envers.**

Autosuffisance

Seulement ¼ des agriculteurs ayant installé des panneaux sont en fait auto-suffisants avec leur production électrique. Parmi les éleveurs laitiers, aucun n'est auto-suffisant. Pourtant, toute installation devrait dans l'idéal être dimensionnée en fonction des besoins du porteur de projet. Plusieurs raisons pourraient être énoncées pour expliquer ce sous-dimensionnement : des limites de

capacité d'investissement, de toiture adaptée, de capacité du réseau ou encore l'imposition du seuil de 10kW. Ces raisons ont été investiguées au travers de l'enquête et seront présentées dans la section « 7. Facteurs limitant la taille des installations ».

Caractéristiques diverses de ces installations

A la ferme, l'installation des panneaux sur le toit d'un hangar est de loin la solution privilégiée (58/64). Une installation sur le hangar n'empêche pas une installation à la maison : parmi ces 58 exploitants, 5 ont également installé des panneaux sur le toit de leur habitation. Par contre, il est plutôt rare d'installer des panneaux à la maison et pas sur les toits des hangars (2/64).

Un peu plus d'un agriculteur sur 10 a des panneaux sur le toit de son habitation. Les ménages des agriculteurs ressemblent donc à des ménages classiques : en effet, aujourd'hui dans le secteur résidentiel, un ménage sur 10 est doté de photovoltaïque (Neubourg, 2018). Enfin, les *trackers* solaires sont moins prisés : seulement 4 sondés sur 133 en ont installé. Les *trackers* représentent donc 6% des installations.

En ce qui concerne les types d'investissement, **la très grande majorité des agriculteurs ont investi personnellement** : seuls 2 ont opté pour un investissement collectif et 2 ont mis leur toit à disposition d'un tiers-investisseur.

Évolution temporelle

Il ressort des réponses de l'enquête que le photovoltaïque se développe dans le milieu agricole depuis au moins 2010 (Figure 14). Le nombre d'installations annuelles chez les agriculteurs a connu un pic en 2012 (l'année ayant connu le plus d'installations !) et ensuite un creux en 2016 (avec aucune installation parmi les 67!) pour ensuite voir un regain d'intérêt en 2017. On peut aussi remarquer que les installations chez les agriculteurs ne se sont pas pour autant arrêtées en 2019 malgré la fin des subventions... Les tendances temporelles d'installations photovoltaïques par les sondés ont vraiment suivi la tendance générale de l'ensemble de la filière en Wallonie.

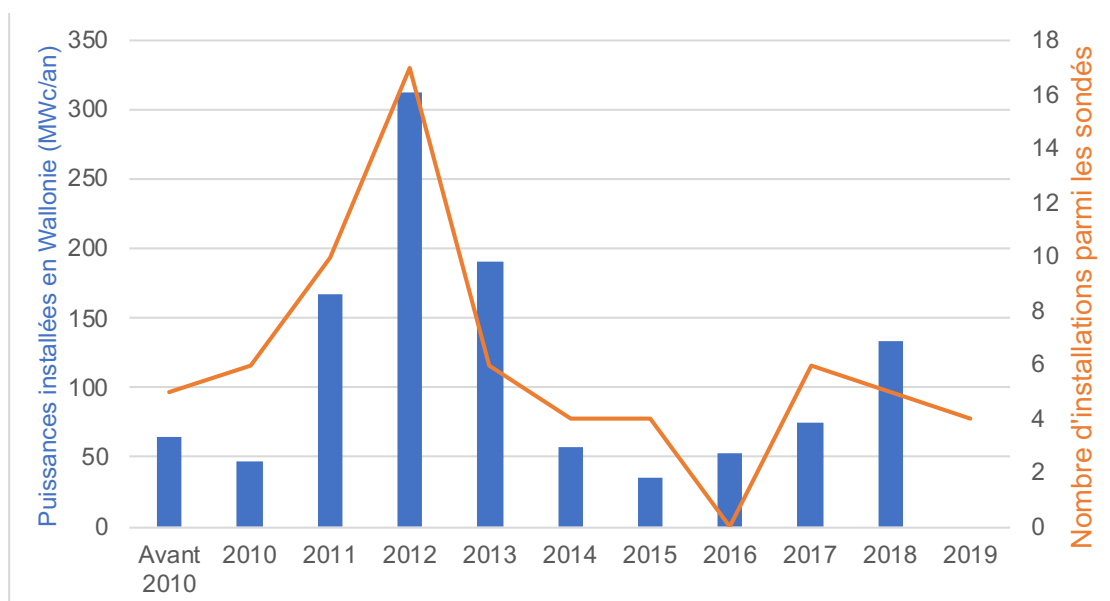


Figure 14 Répartition temporelle des installations photovoltaïques wallonnes (tous secteurs confondus) & chez les agriculteurs ayant répondu à l'enquête

Choix selon l'origine de l'exploitation

Lors des entretiens exploratoires, des agriculteurs nous ont confié leur opinion sur les influences réciproques entre agriculteurs. Selon eux, les agriculteurs sont largement influencés par les agriculteurs voisins. Il est fort probable qu'il y ait donc des tendances de développement « commune par commune ». Au vu des différents moyens de diffusion de l'enquête selon les zones géographiques wallonnes, une analyse géographique des installations PV aurait été biaisée.

Choix selon le profil des exploitations

Il est également intéressant de se demander si certains profils d'exploitations installent préférentiellement des panneaux PV. Notre hypothèse de départ était que les exploitations avec un élevage laitier ont une propension plus élevée à installer du photovoltaïque que les exploitations sans élevage laitier. Cette hypothèse a été rejetée : il ressort que les éleveurs laitiers, tout comme les non laitiers, ont installé du photovoltaïque 1 fois sur 2 et qu'il n'y a pas de différence significative (tests X^2 en

Annexe 8). Il n'existe pas non plus de lien avec le fait d'être éleveur ou non, ni avec la taille d'un éventuel cheptel.

Des différences ont toutefois été mises en évidence entre des catégories d'exploitations de tailles différentes. **Statistiquement nous avons démontré que le choix d'installer des panneaux PV dépend de la SAU exploitée. Les agriculteurs exploitant une plus grande SAU ont également plus souvent installé des panneaux PV** : au-dessus de 75 ha de SAU, près de 7 exploitations sur 10 sont équipées en panneaux PV, alors que sous les 75 ha, seulement 3 exploitations sur 10 se sont équipées en panneaux PV (Figure 15).

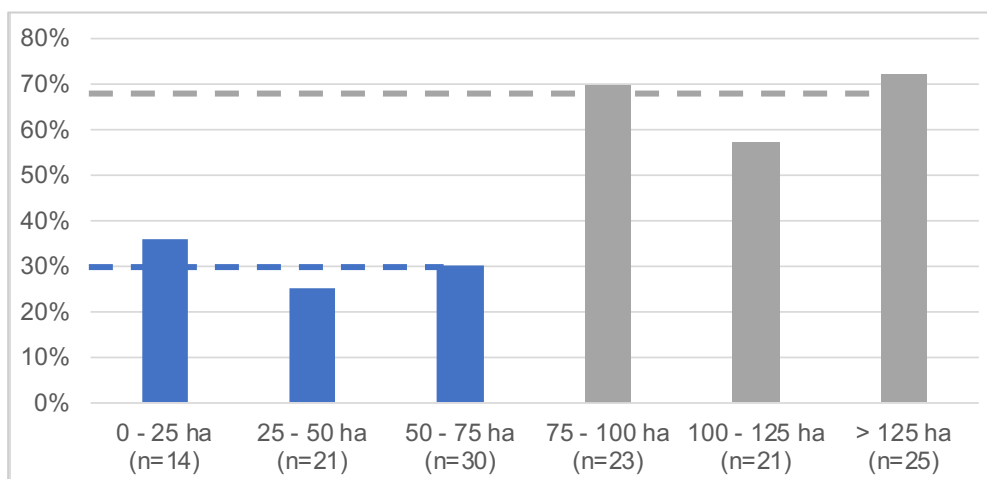


Figure 15 Proportion des exploitations sondées (parmi 133) ayant installé des panneaux PV selon la taille de l'exploitation, indiquée par la surface agricole utile (SAU) exploitée exprimée en hectares (les moyennes des deux sous-groupes prédominants sont indiquées par un trait pointillé)

4.b. Extrapolation des résultats à la Wallonie

L'enquête a permis de faire un état des lieux de la pénétration du photovoltaïque dans le secteur agricole wallon. A savoir, 48% des exploitations agricoles interrogées sont déjà dotées de panneaux PV. Il y a lieu d'être prudent pour extrapoler ces chiffres à l'échelle de l'ensemble des agriculteurs wallons.

Notamment, il est ressorti de l'analyse de la représentativité de l'enquête que les petites exploitations ont été sous-représentées. Or, nous venons de mettre en évidence qu'elles ont moins tendance à investir dans des panneaux photovoltaïques. La réelle proportion d'agriculteurs wallons ayant une installation photovoltaïque est donc très probablement inférieure à 48%.

Plusieurs estimations totalement indépendantes de la pénétration du photovoltaïque dans les exploitations wallonnes ont été faites par des conseillers agricoles tenant compte de leur vécu sur le terrain (E. Trifin, communication personnelle, 16 octobre 2019 ; B. Duthoit, communication personnelle, 7 octobre 2019). **Selon la moyenne des estimations individuelles, 30% des exploitations agricoles disposent de cet investissement.** Il s'agit bien entendu d'une estimation grossière ; un état des lieux précis devrait être réalisé afin d'obtenir la proportion exacte.

Moyennant que 30% des exploitations wallonnes sont équipées de panneaux PV et produisent en moyenne 18.400kWh/an, **la production totale photovoltaïque par le secteur agricole wallon serait de l'ordre de 70GWh/an¹⁹.** La Figure 16 confronte la production photovoltaïque potentielle totale par les agriculteurs wallons avec la production actuelle. En regard de notre estimation de potentiel de 850GWh/an, il reste encore plus de 9/10 du potentiel à exploiter !

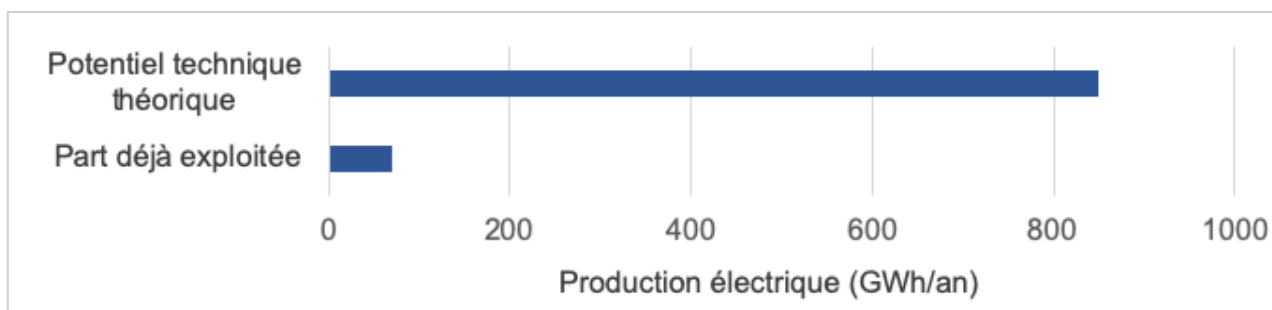


Figure 16 Mise en parallèle de l'énergie solaire photovoltaïque potentiellement exploitable dans les exploitations agricoles wallonnes et de la production actuelle estimée (GWh/an)

¹⁹ 30% * 12.649 exploitations * 18.400kWh/an. L'hypothèse de 30% des exploitations peut être mise en doute. Dès lors, cette production de 70GWh/an permet de montrer un **ordre de grandeur**.

5. Position des agriculteurs n'ayant pas d'installation PV

Afin de cerner l'opinion générale des agriculteurs n'ayant pas de panneaux PV sur cette technologie, la question suivante leur a été soumise dans l'enquête : « Avez-vous déjà envisagé d'installer des panneaux photovoltaïques à la ferme ? ». Les résultats à cette question sont présentés en Figure 17.

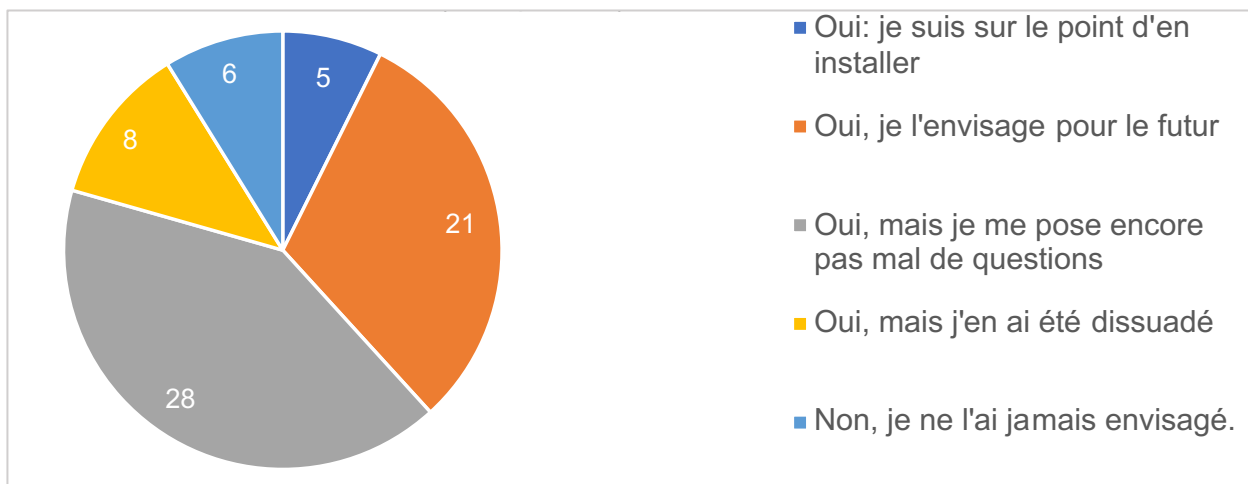


Figure 17 Position des agriculteurs par rapport à une installation photovoltaïque à la ferme (réponses de l'enquête à la question « Avez-vous déjà envisagé d'installer des panneaux photovoltaïques à la ferme ? » ; 48 réponses)

Parmi les agriculteurs n'ayant pas de panneaux PV, 7% sont « sur le point d'en installer » et 31% « l'envisagent pour le futur ». Donc, on peut dire que 38% des exploitants agricoles sont favorables à un investissement dans le PV. Moyennant que l'on puisse extrapoler ces positions à l'ensemble des agriculteurs wallons, cela laisserait supposer que plus de **3.000 agriculteurs ne sont déjà plus à convaincre** (38% des 70% d'agriculteurs wallons n'ayant pas encore de PV)... **En d'autres termes, une production de 200GWh supplémentaires est très facilement atteignable, soit 1/4 du potentiel à exploiter ! Il suffit seulement d'un petit coup de pouce pour faire démarrer les projets.**

Parmi les autres, 41% sont dubitatifs, 12% ont été dissuadés et seuls 9% ne l'ont jamais envisagé. Afin d'étudier les éléments qui ont rendu ces agriculteurs perplexes ou réticents, nous les avons interrogés sur les facteurs qui les dissuadent majoritairement. Avec cette analyse, nous pourrions connaître les leviers à actionner afin de réduire ces freins et exploiter un maximum du potentiel. Cette portion d'agriculteurs pourrait bien représenter 5.500 agriculteurs wallons.

6. Facteurs dissuasifs à l'installation de panneaux PV

Afin de mieux appréhender pourquoi ces 5.500 agriculteurs estimés sont plutôt réticents à installer du photovoltaïque, nous avons posé la question suivante dans l'enquête : « Qu'est-ce qui vous dissuade d'installer des panneaux photovoltaïques? ». Cette question a donc été proposée aux agriculteurs n'ayant pas installé de PV et n'ayant pas encore de projet concret. Les résultats sont présentés en Figure 18.

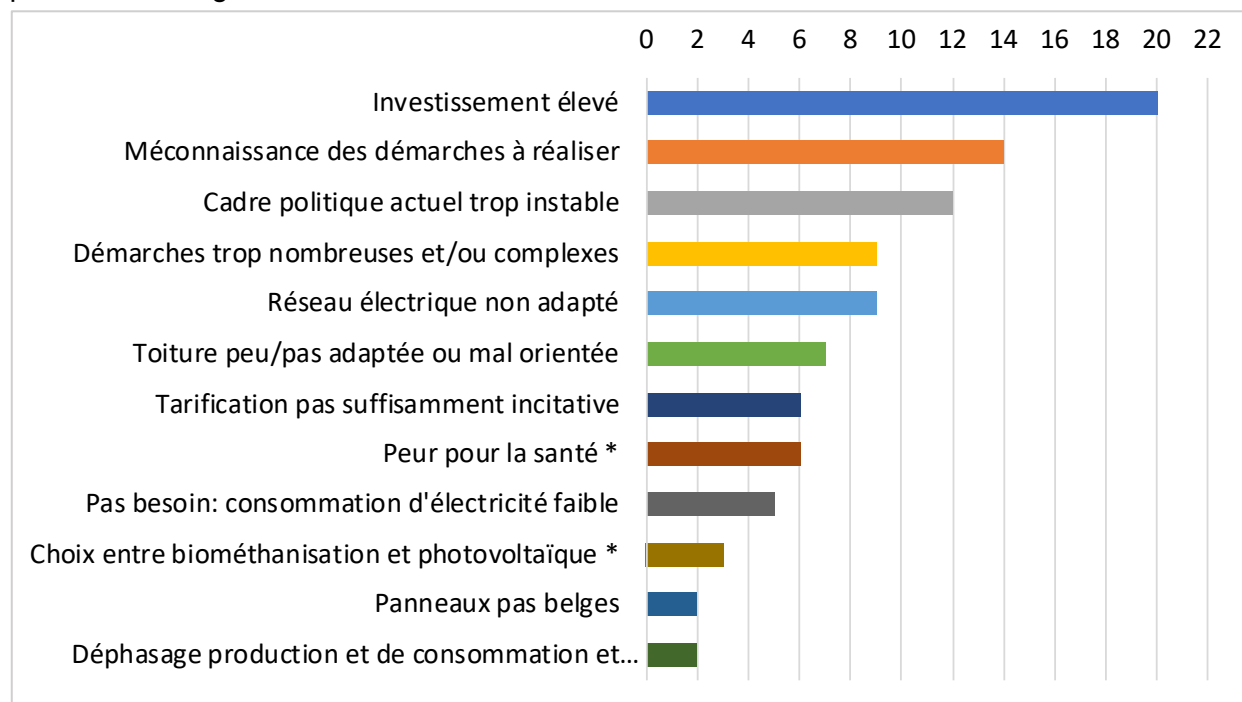


Figure 18 Occurrence des facteurs ayant dissuadé les agriculteurs à installer du photovoltaïque (réponses de l'enquête à la question: "Qu'est-ce qui vous dissuade d'installer des panneaux photovoltaïques (sélectionner les trois éléments majeurs)?" ; 42 réponses)²⁰

Parmi les 42 réponses, les 3 facteurs les plus cités dans l'ordre sont : l'investissement élevé, cité près d'une fois sur deux, la méconnaissance des démarches à réaliser (cité 14 fois) puis l'instabilité actuelle du cadre politique en la matière (cité 12 fois). Chaque facteur est brièvement expliqué.

Craintes financières

La hauteur de l'investissement est le premier frein à l'installation de panneaux PV, selon les révélations de l'enquête. Il a été cité une fois sur deux comme facteur majeur dissuasif à l'installation de panneaux (20/42 réponses). On peut facilement concevoir que dans le contexte actuel, il n'est pas toujours facile de s'en sortir en tant qu'agriculteur. Un commentaire annexe illustre bien ce résultat :

« Notre exploitation est relativement petite et ne permet pas des investissements de la sorte. De plus, d'autres travaux d'aménagement sont prioritaires sur le fait d'installer des panneaux ou une éolienne [...] » (Réponse à l'enquête n°51/133)

D'autres facteurs reflétant des craintes financières ont été prépondérants. Le critère d'instabilité du cadre politique actuel a été cité 1 fois sur 3. Cela cache en fait la crainte générale que la rentabilité d'une nouvelle installation ne soit pas, ou ne soit plus, assurée. **Les changements de plans**

²⁰ Note : Les freins cités 1 seule fois ne sont pas présentés.

tarifaires qui se sont succédé depuis 2010 (primes, certificats verts...) ainsi que la désinformation à propos du tarif *prosumer* ne mettent pas en confiance les individus et constituent aujourd'hui un frein à l'investissement individuel dans le photovoltaïque.

D'autres agriculteurs ont mis l'accent sur le modèle de tarification, qui selon eux, n'est pas suffisamment incitatif (cité 6 fois). **Bien que la technologie photovoltaïque soit devenue très bon marché, la crainte sur la tarification se justifie particulièrement dans le cas des installations de puissance supérieure à 10kW.** Nous reviendrons plus longuement sur ce point dans la sous-section 2 « Facteurs ayant limité la taille des installations PV ».

Méconnaissance des démarches à effectuer

Le deuxième frein à l'installation PV chez les agriculteurs provient d'une simple méconnaissance des démarches à réaliser. 1/3 des agriculteurs ayant répondu à cette question ne connaît pas les démarches à réaliser et cela les freine à investir dans des panneaux PV. En outre, la méconnaissance vis à vis des démarches est bien souvent relevée en même temps que les critères financiers. En effet, ceux-ci disent « se poser encore pas mal de questions ». Ainsi, il semblerait que ce groupe ne soit en fait pas suffisamment informé à propos de la technologie. Il cite alors des freins financiers sans peut-être savoir à combien s'élève le prix du PV. Une question sur l'application de la TVA a également été relevée. Selon nos estimations, **au moins 20% des agriculteurs n'ayant pas d'installation PV seraient dans cette situation de méconnaissance.** Informer davantage ces agriculteurs sur le prix d'achat extrêmement bon marché de la technologie et sur les démarches à effectuer pourrait suffire à en convaincre plus d'un.

Incapacité/inadéquation du réseau électrique

Les projets d'installation de photovoltaïque dans les fermes peuvent être contraints par la capacité du réseau public ; cela a été noté chez au moins 2 des agriculteurs visités. Le problème est que les fermes sont souvent situées « en bout de ligne », c'est-à-dire qu'elles sont assez isolées des noyaux urbains et/ou industriels, et le réseau à cet endroit n'est pas capable d'accepter l'injection d'une grosse puissance électrique. Historiquement le réseau n'a pas été conçu pour pouvoir accepter des unités de production décentralisées. Ce facteur a été coché au moins 1 fois sur 5. La capacité du réseau électrique va généralement plutôt limiter la taille des installations plutôt que d'empêcher totalement l'installation. Cet élément sera largement discuté dans la section « 7. Facteurs limitant la taille des installations ».

Craintes liées à la toiture

La toiture a été citée comme facteur dissuasif 1 fois sur 6. Une toiture peut être non adaptée à la pose de panneaux pour de nombreuses raisons. Ces raisons ont été identifiées dans le cadre des rencontres de terrain.

Les **éléments de structure** constituent une première raison : la toiture n'est pas assez solide pour porter des panneaux ou du moins l'agriculteur en doute²¹, la toiture est vieille et doit faire l'objet de

²¹ Le poids propre des panneaux est souvent peu significatif. Ce qui va généralement poser problème pour la structure, c'est en fait la prise au vent des panneaux (Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement, 2010).

réparations dans un futur proche, la toiture contient encore de l'amiante, ... Voici un extrait de témoignage obtenu sur le terrain :

« Les Eternit ne sont pas éternelles [...] et si j'installe des panneaux et que je dois ensuite réparer mon toit, cela fera beaucoup de main-d'œuvre pour rien ! » (Entretien n°1, Annexe 2)

Parfois l'**orientation** de la toiture n'est pas vraiment favorable à une installation PV (pans de toiture orientés vers l'ouest et l'est par ex.). La mauvaise orientation de la toiture n'a jamais été relevée lors des entretiens de terrain. Le lecteur intéressé pourra trouver en Annexe 9 un schéma théorique montrant les pertes de capacité de production des panneaux en fonction de leur orientation et inclinaison.

Certains agriculteurs sont globalement réticents à la pose de panneaux même quand les toitures sont neuves. Notamment, ces craintes ont été relevées lors des entretiens n° 5 et 6 (Annexe 2) :

- Peur que l'installation des panneaux abîme la toiture, et qu'elle ne crée un emplacement idéal pour la nichée d'animaux ;
- Peur que les panneaux supportent mal la grande quantité de poussière générée près des stocks de céréales ;
- Peur que les panneaux aient un impact négatif sur la santé humaine (installation sur habitation) ou sur la santé du troupeau (installation sur bâtiment d'élevage) ;
- Ou encore que dans le cas d'un incendie, les pompiers n'interviennent pas ou que les dégâts soient plus importants en cas de feu/d'orage, que l'assurance n'intervienne pas, etc.

Finalement, la toiture est un facteur cité de nombreuses fois et pour de nombreuses raisons différentes. Que les craintes à ce propos soient justifiées ou non, elles sont bel et bien présentes.

Craintes sanitaires

La peur d'un effet négatif de la proximité de panneaux PV sur la santé humaine ou animale semble relativement répandue chez les agriculteurs. Un champ électromagnétique est en effet créé à la sortie des panneaux photovoltaïques... Nous discutons ceci dans l'Encadré 1. Le facteur de craintes pour la santé a été sélectionné 6 fois sur 46 réponses comme facteur dissuasif majeur et deux agriculteurs en ont fait mention lors des entretiens exploratoires. Voici un fragment de commentaire y faisant référence :

«[...] il semble qu'il faut être très prudent avec les panneaux photovoltaïques et les éoliennes à proximité des animaux et des êtres humains (champs magnétiques et infrasons!) [...] » (Réponse à l'enquête n°72/133)

Les craintes pour la santé n'empêchent tout de même pas les agriculteurs d'installer des panneaux PV. Par exemple, ces deux agriculteurs rencontrés sur le terrain et ayant énoncé cette crainte ont tout de même installé des panneaux mais les ont délibérément disposés à distance de l'habitation ou de leur étable...

Absence de besoin

5 agriculteurs parmi les 42 disent ne pas avoir besoin d'installation PV car ils ont une consommation d'électricité faible. Parmi ce petit groupe, il est intéressant de noter qu'aucun n'a d'élevage laitier,

porcins, ni de volailles. Deux élèvent des vaches viandeuses et un des moutons mais dans les deux cas ces types d'élevage sont généralement très peu énergivores. **Dans le contexte actuel, il semble évident et légitime qu'avec des besoins électriques limités ils n'envisagent pas d'installer de panneaux PV. Dans un contexte différent, la production (et vente) d'énergie pourrait très bien être vue comme une nouvelle activité à démarrer...**

Divers

Enfin, les derniers freins identifiés sont plus anecdotiques ; par exemple, l'opposition à l'achat de panneaux provenant de Chine... Aussi, certains agriculteurs se retrouvent confrontés au choix entre la biométhanisation et les panneaux PV. Ces éléments n'ont pas été relevés plus de 3 fois et ne seront donc pas détaillés.

Encadré 1 Zoom sur les risques sanitaires liés à une installation photovoltaïque: mythe ou réalité?

D'abord rappelons qu'un champ électromagnétique (é-m) résulte d'une combinaison d'un champ électrique et un champ magnétique. Pour qu'il soit généré, il doit donc y avoir une différence de tension et également un courant. A la sortie des panneaux photovoltaïques, quand il y a du rayonnement lumineux, un courant continu est généré et donc un champ é-m continu (comme le champ é-m terrestre). A la sortie des onduleurs, le courant est transformé en alternatif et il en résulte un champ é-m alternatif (Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail, 2010).

Nous sommes constamment confrontés aux champs é-m, rien que par la proximité de l'électro-ménager. A la fréquence de l'électricité domestique, on recommande des seuils d'exposition de 5kV/m (pour le champ électrique) et 100µT (pour le champ magnétique)²². Pour illustration, quelques exemples de champs é-m générés par de l'électro-ménager et par les lignes de réseau d'électricité sont montrés en Tableau 3 (adapté du rapport de l'AFSSET, 2010, pp. 43–44):

Tableau 3 Exemple de champs électromagnétiques rencontrés dans le quotidien

Appareil	Point de mesure	Champ électrique	Champ magnétique
Radio réveil	à 30 cm	16 - 30 V/m	0,08 - 0,14 µT
Machine à café expresso	à 30 cm	8 V/m	0,7 µT
Grille-pain	à 30 cm	10 V/m	0,21 µT
Four à micro-ondes	à 30 cm	4 - 13 V/m	3,6 - 7 µT
Réseau de distribution Basse Tension	sous la ligne	9 V/m	0,4 µT
Réseau de distribution Haute Tension (20.000V)	sous la ligne	250 V/m	6 µT
" (400.000V)	sous la ligne	5000 V/m	30 µT

Comme l'intensité de ces champs décroît avec le carré de la distance, éloigner les sources est toujours plus prudent. Dans le cas du photovoltaïque, on conseillera de ne pas installer l'onduleur dans une pièce à vie...

²² définies en Europe par la recommandation européenne du 12 juillet 1999 (« Photovoltaïque.info - Champs électromagnétiques », n. d.)

7. Facteurs limitant la taille des installations

D'une part, nous avons vu dans la section « Contribution actuelle des agriculteurs wallons » que les installations existantes n'optimisent pas du tout la totalité des surfaces disponibles et ont été pour la majorité limitée au seuil de 10kWc. Or, à peine 1 installation sur 4 fournit la puissance nécessaire pour couvrir les besoins de la ferme (Figure 19). D'autre part, nous avons aussi démontré qu'en moyenne les agriculteurs jugent avoir plus de 600m² de toiture à disposition pour des panneaux PV. **Nous en tirons que les installations pourraient voir leur surface et leur puissance multipliées par 5...**

Pour comprendre les raisons de ces dimensionnements insuffisants, les agriculteurs ont été questionnés sur les facteurs ayant limité la taille de leur installation ; les résultats à cette question sont présentés en Figure 19.

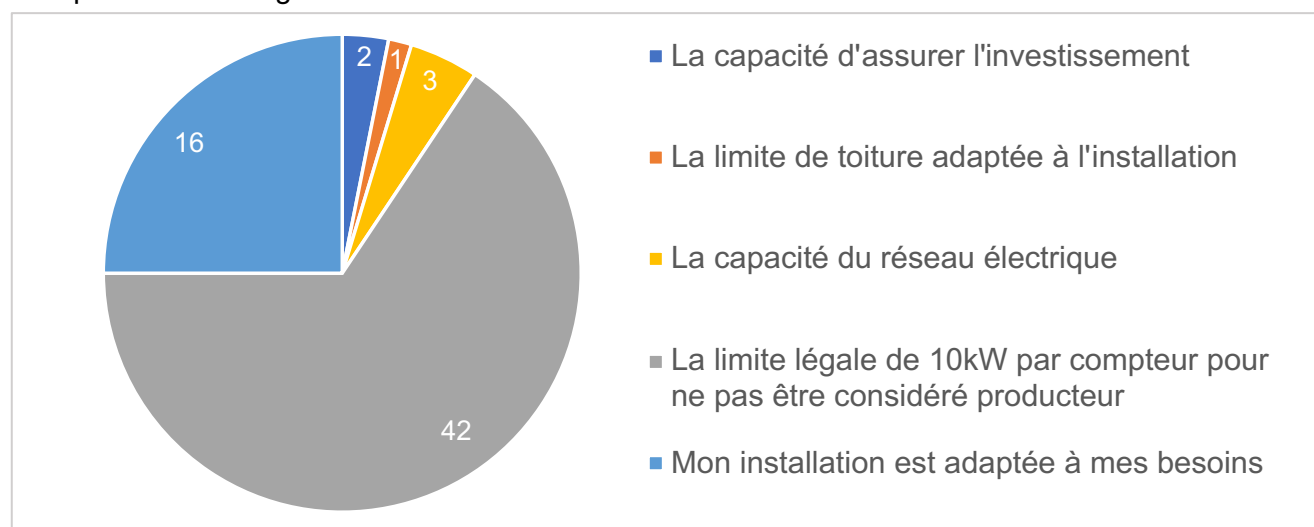


Figure 19 Occurrence des facteurs ayant limité la taille des installations (réponses de l'enquête à la question "Quel facteur majeur a limité la taille de votre installation?" ; 64 réponses)

Ces résultats montrent à quel point le cadre réglementaire est déterminant dans le déploiement de l'énergie photovoltaïque. En effet, **la très grande majorité des installations (42/64) a été contrainte par la limite réglementaire des 10kVA**. À côté, les problèmes de toiture et de capacité d'investissement sont mineurs. Un commentaire laissé par un agriculteur montre cette indignation de ne pas pouvoir produire en fonction des besoins de la ferme :

« Que les productions d'énergies renouvelables soient en accord avec les besoins énergétiques de l'exploitation et non en rapport avec les exigences politiques ou des firmes productrices d'énergie ! »

Mais derrière cette limite réglementaire, se cachent en fait de nombreux enjeux. Tout d'abord, si le porteur de projet décide de dépasser le seuil et de devenir « gros producteur », celui-ci aura besoin d'installer un compteur d'injection et une armoire de découplage (B. Delaite, communication personnelle, 30 octobre 2019). Ce compteur-là ne peut plus « tourner à l'envers » et l'électricité qui n'est pas directement consommée n'est plus valorisée à si bon prix, comme nous l'avons déjà discuté dans la première section de ce chapitre. Une analyse de rentabilité a été réalisée pour un cas réel (Ferme du Bailli, Soignies) ayant décidé d'installer du photovoltaïque pour une puissance de 58kWc. Cette analyse est synthétisée dans l'Encadré 2.

Cette exploitation a une consommation électrique très élevée de 200.000kWh/an pour subvenir aux besoins de la traite, du stockage & refroidissement du lait et fromagerie. Elle a donc décidé d'installer du PV pour une puissance totale de 58kWc (soit ~500m² ; 215 panneaux de 270Wc). L'investissement total s'est élevé à 61.000€. Selon ce dimensionnement, ils bénéficieront de 81 certificats verts par an. Leur autoconsommation a été estimée à 80%. (Source : Éléments d'information issus de l'article « A la découverte des énergies renouvelables en agriculture » paru le 4/10/19 dans le Sillon belge)

Calculs de rentabilité simplifiés pour l'installation >10kVA :

En considérant un prix d'achat de l'électricité de 25c€, leur facture d'électricité initiale devait s'élever à : $200.000 * 25c€ = 50.000€$ annuellement. Selon l'hypothèse de rendement de 900kWh/kWc.an, l'installation permettra de produire à peu près 53.000 kWh. Bien évidemment, avec cette taille d'installation, l'exploitant ne bénéficie pas du compteur qui tourne à l'envers. Mais s'il consomme directement 80% de sa production, il réduira sa facture de 42.000kWh ce qui lui permettra d'économiser ~11.000€ annuellement. Le reste de sa production (11.000kWh) peut être revendue par exemple à 3c€/kWh si un contrat est établi avec un fournisseur d'électricité. Un revenu d'environ 330€ serait ainsi perçu.

Enfin, si les CV peuvent être vendus à 65€ et obtenus pendant 10 ans, cela permet des rentrées supplémentaires de 5.300€ par an. Dans ces conditions, et sans considérer d'aide à l'investissement, ni d'intérêt d'emprunt et sans considérer le potentiel tarif *prosumer*, le temps de retour sur investissement tourne autour de 5 ans (dépend de l'emprunt) et la valeur actuelle nette au bout de 25 ans (sans changements majeurs du prix de l'énergie) serait d'environ 300.000€ (Annexe 10).

Alternative classique : une « double » petite installation...

Si l'exploitant décide à la place d'installer 2 fois 11kWc, avec deux compteurs distincts tournant à l'envers, sa production de 20.000kWh lui permettra d'économiser 5.000€ par an. Le temps de retour sur investissement serait aussi autour des 5 ans mais la valeur actuelle nette après 25 ans serait moins importante : $5.000 * 25 - 25.000 = 100.000€$.

Conclusion

On peut conclure de cette simple analyse que dans le cas d'une exploitation avec une très grosse consommation d'électricité et un taux d'autoconsommation élevé, le choix d'installer une unité de production photovoltaïque au-delà de 10kW est tout à fait pertinent et rentable.

D'autre part, les installations de grosse puissance électrique nécessitent bien souvent un renforcement de câbles, un ajout d'une cabine électrique ou autres frais sur le réseau. En effet, comme le réseau n'a pas été prévu pour la production décentralisée, l'installation d'une unité de production trop importante risque de mettre à mal voire d'interdire l'installation d'autres unités de production dans le quartier. C'est d'ailleurs pour cela que **le gestionnaire de réseau doit régulièrement limiter la taille des installations afin de ne pas compromettre la liberté/le droit des ménages voisins qui souhaiteraient également installer des panneaux photovoltaïques.**

Si l'on souhaite laisser la liberté aux citoyens de produire leur propre énergie verte, il va donc falloir envisager des adaptations du réseau et le vrai obstacle se trouve alors la question du « qui prendra

en charge les démarches et les coûts de travaux sur le réseau ? ». **Aujourd'hui, ces coûts pour l'adaptation du réseau incombent à la personne en charge du projet, et non pas au gestionnaire de réseau.** Par exemple, pour pouvoir installer des panneaux PV de puissance supérieure à 10kWc, un agriculteur que l'on a rencontré avait « le choix » de prendre en charge l'installation d'une cabine électrique supplémentaire, ce qui lui aurait valu 30 à 50.000€ de frais supplémentaires, rendant évidemment le projet caduc...

Il semblerait que passer le seuil de 10kVA par installation est un obstacle majeur pour les agriculteurs et que ceux-ci ne veulent pas devenir « gros producteur » parce que la rentabilité n'est plus assurée. Voici le commentaire d'un agriculteur qui illustre de manière très complète cette discussion :

[...] Concernant le placement de panneaux photovoltaïques, l'exploitation pourrait facilement doubler [sa] production [actuelle] d'électricité car la surface de toit disponible est encore assez importante. Je ne voulais pas placer plus de panneaux photovoltaïques car le problème est que l'électricité produite au sein de l'exploitation n'est que valorisée lorsqu'elle est consommée immédiatement. La réinjection sur le réseau de l'électricité produite ne nous est pas payée afin de pouvoir rentabiliser notre installation. Aujourd'hui, le développement des installations est freiné par le revente de l'électricité qui n'est pas rémunérée correctement car si demain les acheteurs offraient des prix rémunérateurs, beaucoup d'installations se mettraient en place au niveau des exploitations agricoles car les surfaces de toits disponibles sont énormes. (Réponse à l'enquête n°129/133)

En fait, un autre élément de réponse réside dans le manque de moyen de stockage de l'électricité produite à domicile. Si le système de batteries domestiques était mature économiquement, les agriculteurs pourraient alors se doter d'une grosse installation PV et ne seraient plus confrontés à ce problème. Rechargeant les batteries quand la consommation n'est pas en phase avec la production, l'agriculteur bénéficierait d'un taux d'autoconsommation élevé, et cela permettrait aussi d'éviter les pics d'injection ingérables pour le réseau public. Beaucoup d'agriculteurs ont relevé dans l'enquête et aussi les entretiens de terrain le manque de possibilités de stockage, le développement des accus/batteries, ... En voici un exemple :

« Si on voulait produire ce que l'on consomme avec des panneaux, on deviendrait producteur professionnel ; mais ça ne fonctionnerait pas non plus à moins qu'il n'existe des accus capables de stocker l'énergie. » (Réponse à l'enquête n°99/133)

8. Pistes pour un déploiement à plus grande échelle

Du point de vue des agriculteurs, le cadre réglementaire et tarifaire imposé par la CWaPE, la non-compatibilité du réseau et la prise en charge obligatoire des frais de réseau pour les porteurs de projets, expliquent pourquoi ils se sont retrouvés à installer des unités de production sous-dimensionnées par rapport à leurs besoins. Selon eux, **la Wallonie devrait adopter un mécanisme de soutien en accord avec les possibilités de production du secteur agricole : un tarif d'injection préférentiel** pour l'énergie renouvelable comme dans les pays limitrophes.

D'un point de vue du gestionnaire de réseau toutefois, il est raisonnable de limiter les injections de puissance localisées en bout de ligne comme les infrastructures ne sont pas du tout adaptées. Cependant, **les coûts d'adaptation du réseau ne devraient pas être à la charge des agriculteurs...**

Finalement, si l'on souhaite exploiter cet énorme potentiel de toiture agricole et répondre à nos objectifs en matière de climat et d'énergie, **il va falloir changer le cadre actuel et au moins trouver des incitants pour les agriculteurs à devenir « producteur d'énergie ».**

Le développement de moyens de stockage d'énergie décentralisés (batteries) serait vraisemblablement la solution la plus simple. La disposition de batteries à la ferme permettrait pour l'agriculteur d'utiliser sa propre production électrique de manière différée et ainsi éviter l'injection de grosses puissances électriques sur le réseau. En outre, un tel développement inciterait l'électrification des tracteurs et engins agricoles, aujourd'hui dépendants du diesel... Selon M. Huart (Communication personnelle, 09 septembre 2019), le prix des batteries diminue très fortement. Et puis il y a des tas d'autres possibilités que la batterie au lithium, il y a l'hydrogène, on peut imaginer des tas de réactions chimiques. Néanmoins, il est difficile de prévoir quand ces technologies seront devenues accessibles financièrement parlant. **Une autre piste - qui peut être démarrée dès à présent - est de changer notre vision de l'autoconsommation...**

La valorisation de l'énergie produite : un mix d'autoconsommation individuelle et d'autoconsommation collective

Actuellement, on s'inscrit toujours dans une logique d'autoconsommation individuelle, c'est-à-dire que le *prosumer* va être incité à consommer un maximum de sa production, en direct, de manière individuelle pour se voir assurer une certaine rentabilité. **Pourtant, il est aujourd'hui possible de raisonner l'autoconsommation de manière collective :** on parle de Communautés d'Énergie Renouvelable (CER) ou COmmunautés D'Autoconsommation Collective (CODAC) selon les sources. Il s'agit en fait d'associations « locales », de « réseaux virtuels » de producteurs et consommateurs d'énergie qui vont pouvoir se vendre et s'acheter leur électricité à un tarif avantageux.

Pour être plus précis, un décret a été adopté en Wallonie en mai dernier afin de transposer la directive européenne (UE) 2018/2001 qui vise la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables. Ce décret (Gouvernement wallon, 2019) définit de manière légale **les communautés d'énergie renouvelable** comme : « *personne morale constituée d'un ensemble de participants en vue de partager, via le réseau public de distribution ou de transport local, de l'électricité exclusivement produite à partir de sources d'énergie renouvelables ou de cogénération de qualité, par des unités de production et, le cas échéant, de stockage, détenues par ladite personne morale, au sein du périmètre local où elle exerce ses activités et dont l'objectif premier est de fournir des avantages environnementaux, économiques ou sociaux à ses participants plutôt que de rechercher*

le profit ». Il ne s'agit donc pas de créer des micro-réseaux indépendants, mais bien de se partager l'électricité sur le réseau public existant. Le périmètre géographique est défini de manière à ce que : « les points de raccordement en prélèvement ou en injection sont situés en aval d'un ou plusieurs postes publics de transformation d'électricité de moyenne et/ou de basse tension ». Il n'y a donc pas un rayon à respecter mais il faut se situer en aval d'une même cabine électrique permettant de ne pas solliciter le réseau de haute tension pour la production et la consommation. Pour ce faire, l'autoconsommation est contrôlée par quart-d'heure, c'est-à-dire que les productions doivent être consommées par les participants au cours de la même période.

Ce qui est novateur, c'est qu'un producteur a la possibilité de revendre son surplus d'électricité à ses voisins à un tarif avantageux ; ce qui n'était pas possible auparavant. Et il est possible de fixer un prix de l'électricité qui soit tant incitatif pour le producteur que le consommateur. La production de renouvelable est alors encouragée, et surtout on incite à une consommation en phase avec la production... Il s'agit d'un nouveau modèle vertueux pour l'environnement, le réseau et la société, qui est en train de connaître un véritable boom : de nombreux projets-pilotes commencent à se développer. Il y a eu d'abord des micro-réseaux communautaires (*Mérygrid* et *E-Cloud*, par exemple) qui faisaient cependant dérogation à la loi. En Flandre, il y a l'initiative « *ROLECS* » qui soutient 10 projets-pilotes. Puis en Wallonie sont apparus le projet communal de Crisnée (« *Free Power For You* »), le projet pour le zoning des Hauts-Sarts à Liège et l'initiative « *CoLéco* » en Wallonie picarde.

A notre connaissance, il n'y a pas encore de projets de CODAC intégrant une exploitation agricole. Pourtant, il est clair que les agriculteurs désireux d'installer du photovoltaïque (ou même d'autres moyens de production d'EnR) en dégageraient de nombreux avantages. Une production de renouvelable plus rentable permettrait en effet d'accompagner les agriculteurs dans la transition énergétique, d'augmenter leur indépendance vis à vis des prix futurs des énergies fossiles, de créer du lien social avec d'autres acteurs locaux et redonner une meilleure image au secteur agricole. Pour que ce nouveau modèle se mette en place, il faudra sans doute d'abord attendre que les projets-pilotes aient fait leurs preuves.

Les limites géographiques pour la mise en place d'une CODAC devront toutefois être respectées : les différents participants devront être situés en aval d'un même poste de transformation. Les exploitations agricoles trop isolées pourraient donc ne pas avoir la possibilité de s'intégrer à une CODAC ; celles qui se situent à proximité de lotissements et noyaux d'habitats verront leurs chances augmenter. **Dans un futur proche, on pourrait bien voir des filières de maraichage saisir cette opportunité et installer des « serres photovoltaïques » en périphérie directe des noyaux d'habitat, mêlant alors circuits courts alimentaire et d'énergie...**

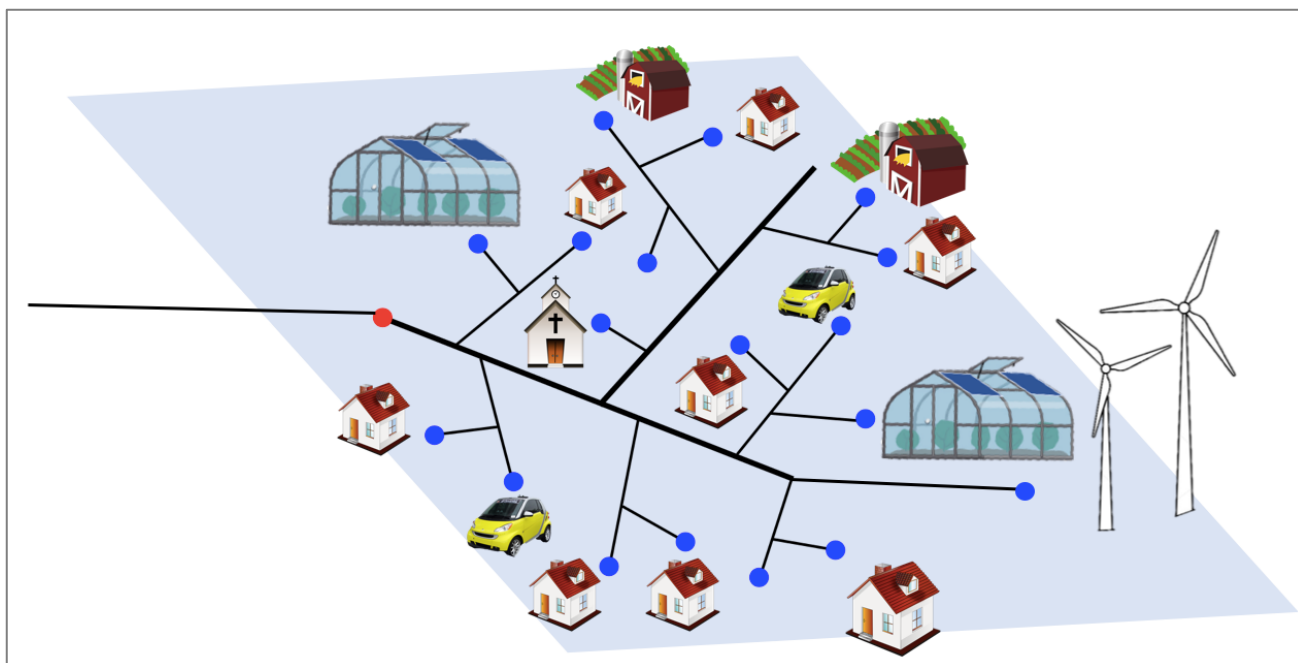


Figure 20 Schéma de communauté d'autoconsommation collective (rurale): noyau d'habitat, serres photovoltaïques, éoliennes, fermes et voitures électriques (schéma de l'auteur)

Éolien



CHAPITRE 2 : LA FILIÈRE ÉOLIEN DANS LE SECTEUR AGRICOLE WALLON

Pour commencer, il est bon de définir les termes qui seront employés ci-après. Il existe de multiples classifications pour l'éolien mais il n'est pas nécessaire d'entrer dans les détails dans le cadre de ce travail. On divisera simplement l'éolien en 2 grands types : **l'éolien de puissance** et **l'éolien domestique**. Quand on parle communément du développement de l'éolien en Wallonie, on parle des éoliennes de grande puissance, c'est-à-dire dont la puissance nominale tourne autour de 2-3MW. L'éolien domestique fera plutôt référence aux petites génératrices, de quelques dizaines de kW, et qui peuvent être installées par des particuliers ou petites PME.

1. Pertinence du développement de l'éolien de puissance

1.a. Bilan énergie et bilan carbone

Selon des estimations basées sur les caractéristiques du territoire wallon, **une éolienne de 2MW rembourserait sa dette énergétique en un peu moins d'1 an**²³ (Corhay, 2016 ; Bonou, Laurent, & Olsen, 2016). Sur une durée de vingt ans, l'éolienne permet donc de produire une petite vingtaine de fois l'énergie qu'il a fallu investir dans sa construction²⁴. Cleveland, Endres, & Kubiszewski (2010) estiment même plus de 25 fois, pour l'éolien de puissance supérieure à 1MW.

L'empreinte carbone de l'éolien *onshore* est de 7 g CO₂-eq/kWh (Bonou et al., 2016). En moyenne, un kWh moyen, produit avec le mix énergétique actuel en Wallonie, est responsable des émissions de 456 g CO₂-eq (Corhay, 2016). La différence d'empreinte carbone d'un kWh éolien et d'un kWh moyen du mix énergétique donne une idée de la quantité d'émissions qui peuvent être évitées par le déploiement de l'énergie éolienne. Une éolienne de 2MW, en produisant environ 3.000MWh/an, permet ainsi d'éviter les émissions d'environ 1.350 tonnes de CO₂-eq/an.

1.b. Maturité technique et économique de l'éolien de puissance

D'un point de vue économique, l'éolien de puissance est devenu très rentable. L'APERe estime le coût de la technologie à **1.320€/kW** (Haveaux, D'hernoncourt, & Leloux, 2018). Pour comparaison, à puissance égale, le coût du photovoltaïque est d'environ 1.000€/kW pour une grosse installation. Il y a quelques 10 ans, l'éolien était l'énergie verte la meilleure marché. Tandis que son prix a peu bougé, les coûts de fabrication du photovoltaïque eux ont chuté. On peut également comparer le coût de revient de l'énergie au kWh : si 1kW éolien produit approximativement 1.500kWh/an pendant 20 ans, 1kWc PV produit environ 900kWh/an pendant 25 ans. Finalement, on voit que des installations de même puissance en éolien et en photovoltaïque permettent toutes deux un coût de revient de l'énergie d'approximativement **4,4c€/kWh**.

²³ On parle de temps de retour énergétique, TRE (anglais : *Energy PayBack Time*).

²⁴ On parle de retour énergétique sur investissement (anglais : EROI, *Energy Return on Investment*).

1.c. Parc éolien wallon et objectifs 2030

Selon l'APERe (2019b), le taux de charge de l'éolien *onshore* belge moyen en 2019 était de 17% (soit 1.500 h). Le taux de charge ne doit pas être confondu avec le temps de fonctionnement annuel ; l'APERe le définit comme le « rapport de l'énergie effectivement fournie par l'éolienne à l'énergie qui pourrait être produite si l'éolienne fonctionnait en régime continu à pleine puissance ». On peut donc retrouver la production annuelle moyenne de l'éolienne grâce à son taux de charge et sa puissance nominale. Il faut savoir que le taux de charge varie un peu selon les années mais dépend surtout du gisement venteux de la région. Si l'on compare ce taux de charge à celui calculé ailleurs en Europe, on s'aperçoit que la Wallonie dispose d'un gisement venteux de qualité (APERe, s. d.-a, p.7).

Avec ses 383 mâts installés sur son territoire et une puissance installée de 872MW (moyenne de 2,3MW par mât), la Wallonie connaît une production éolienne qui dépasse donc les **1.300 GWh/an**²⁵ (APERe, 2019b).

Dans son projet de plan wallon Énergie-Climat (2018), la Wallonie fixe un nouvel **objectif de 4.600 GWh** en 2030, soit 3,5 fois plus que la production actuelle. Avec des éoliennes similaires à celles qui se dressent aujourd'hui sur le territoire, il faudrait plus de 1.300 mâts pour arriver à une telle production éolienne *onshore*. Sur un territoire de 16.901 km², on aurait moins d'une éolienne sur 10km² ; on respecte donc largement la limite théorique de densité de mâts de 5 éoliennes/km² pour des raisons de vent (M. Huart, communication personnelle, 09 septembre 2019). Il faut bien entendu encore tenir compte du cadre de référence et des zones tampons par rapport à l'habitat.

Étant donné la densité de population de la Wallonie (l'une des plus élevées d'Europe) et la rareté de l'espace, les pouvoirs publics mettent la priorité sur le développement raisonné de l'éolien de puissance plutôt que la « prolifération anarchique de petites unités » (SPW Énergie, 2018). On dira par exemple qu'il vaut mieux privilégier 2 éoliennes de 2,5MW plutôt que 100 mâts de 50kW...

Finalement, la maturité de l'éolien et le gisement venteux de la Wallonie montrent la pertinence de développer l'éolien de puissance dans notre région dans ce contexte de transition énergétique.

²⁵ Calcul : 872MW * ~1.500h/an = ~ 1.300.000MWh/an.

2. Grand éolien & secteur agricole

2.a. Rôle indirect des agriculteurs

L'implication du secteur agricole dans le déploiement de l'éolien de grande puissance est moins évidente que pour l'installation de panneaux solaires ou d'une éolienne domestique car de toute évidence, l'installation d'une éolienne de grande puissance fait rarement l'objet d'un investissement personnel sur la ferme.

En fait, les zones agricoles sont les zones les plus adaptées à l'installation de parcs éoliens étant donné le relief plat et le peu de constructions (ce qui permet un vent de qualité). Ceci explique que les projets éoliens en Wallonie sont quasi exclusivement situés sur des terres agricoles (APERe, s. d.-a). Une estimation de la part des éoliennes situées en zone agricole a été réalisée pour la Wallonie picarde. Selon nos estimations, 90% des mâts éoliens implantés sur le périmètre géographique de Wallonie picarde se situent en zone agricole. Les autres sont implantées dans les parcs industriels, mais il faut savoir qu'un ensemble de bâti nuit rapidement à la qualité du vent. Il semble raisonnable de penser que cette proportion d'éoliennes situées en zone agricole peut être extrapolée au reste de la Wallonie.

Les agriculteurs ont donc un rôle important dans le développement de projets éoliens. **Ils ont en effet le choix**, quand ils sont propriétaires des parcelles concernées, **d'accepter ou non la construction d'une éolienne**. L'implantation d'une éolienne n'interfère que très peu avec la production agricole (M. Huart, communication personnelle, 09 septembre 2019). En réalité, l'éolienne va s'accaparer une partie de la parcelle pour sa fondation et pour les routes y attenantes. **Le propriétaire de la parcelle occupée reçoit une compensation pour la perte de productivité**. Le bruit court que cette redevance rapporte gros mais il n'existe pas de statistiques officielles. Seuls quelques articles de presse dévoilent des montants : 15.000-20.000€ de rémunération annuelle pour un mât en Wallonie à l'heure actuelle, soit une rémunération bien supérieure à ce que rapporte le rendement de cette modeste surface (Counasse, 2018; « Éolien: la poule aux œufs d'or pour les propriétaires agricoles? », 2013).

Enfin, comme tout citoyen, l'agriculteur peut faire le choix de s'impliquer dans une coopérative portant un projet éolien. Il peut acheter une ou plusieurs parts dans la coopérative, devenir copropriétaire d'une éolienne et éventuellement bénéficier de dividendes.

2.b. Préoccupations des agriculteurs

L'opinion des agriculteurs sur le développement du grand éolien n'était initialement pas sujet de la recherche puisque l'implication du secteur agricole dans le développement de l'éolien de puissance n'est pas directe. Donc aucune question d'opinion sur ce sujet n'a été posée au travers de l'enquête ou lors des entretiens de terrain. Toutefois, certains agriculteurs ont vivement souhaité partager leur idée sur le sujet lors des discussions *de visu* ou en prenant contact avec nous à la suite de l'enquête.

Il semblerait que **tous les agriculteurs ne sont pas forcément favorables à l'implantation d'éoliennes sur leurs parcelles**. Premièrement, un agriculteur interrogé (entretien n°2) a montré une certaine opposition à l'utilisation de ses terres qui ne soit pas à des fins alimentaires, opposition qui transparaissait également en abordant le sujet des cultures énergétiques pour la biométhanisation : « Notre travail, c'est la terre. Les éoliennes, ça doit être dans les zonings ! », a-t-il défendu.

Ensuite, un commentaire laissé en marge de l'enquête énonce des craintes d'ordre sanitaire. Le message de ces agriculteurs met en évidence la crainte que les éoliennes (et les panneaux photovoltaïques !) puissent nuire à la santé des humains et des animaux à proximité. Voici le commentaire brut laissé par ces agriculteurs inquiétés :

« Nous envisageons des énergies renouvelables, mais suite à de très nombreux contacts, notamment avec des agriculteurs français et des scientifiques allemands et français, il semble qu'il faut être très prudent avec les panneaux photovoltaïques et les éoliennes à proximité des animaux et des êtres humains (champs magnétiques et infrasons!). Voir les centaines de bovins morts (et autres problèmes graves: avortements, baisse énorme de la production du lait, inflammations généralisées, etc.) dans des fermes proches des éoliennes industrielles dont le procès aura bientôt lieu. Les problèmes ne se manifestent pas immédiatement, mais l'effet est cumulatif au fil des mois et des années. Les riverains risquent de souffrir d'acouphènes, hausses de tension, épaissement du sang, problèmes cardiaques et hépatiques graves etc. Nous sommes en train d'étudier le problème avec de nombreux collègues étrangers ; un symposium vient d'avoir lieu en Allemagne (...) » (Réponse à l'enquête n° 72/133)

Ces préoccupations ont toute leur importance et nous avons donc souhaité les mentionner. En matière de santé, il est difficile de dire si ces craintes sont justifiées. Il semblerait que certains agriculteurs, notamment en France, aient été confrontés à des problèmes dans leur élevage suite à l'installation d'éoliennes sur les prairies. Cependant, à notre connaissance, le lien de cause à effet n'a pas encore pu être démontré scientifiquement.

Ces controverses sur l'éolien sont particulièrement renforcées depuis peu et ont fait l'actualité de 2019. De nombreux experts tentent donc de faire le point sur le sujet. Nous recommandons au lecteur intéressé la lecture de deux documents tout récents sur le sujet :

- La brochure : *“Éolien : rumeurs et réalités”* publiée ce 15 novembre dernier (2019) par l'APERe afin de faire le point, distinguer le vrai du faux sur l'éolien de puissance sur base de sources scientifiques (APERe, 2019a) ;
- La revue : *“Wind turbines & health: a review with suggested recommendations”* publiée en avril dernier (2019) dans la revue *Environnement, Risques & Santé* (Cantoreggi, Christie, Forbat, & Simos, 2019).

Bien que les risques pour la santé n'aient pas été prouvés scientifiquement, les craintes, elles, sont bien réelles. Or, l'opposition des agriculteurs comme celle des citoyens (célèbre phénomène NIMBY²⁶ « *Not In My Backyard* ») lors de nouveaux projets éoliens doit être prise en compte et il est important que la question des risques sanitaires soit davantage étudiée par les scientifiques.

²⁶ Phénomène bien connu d'opposition de riverains à l'implantation d'un nouveau projet qui pourrait leur occasionner des nuisances ; en français « Pas dans mon jardin » (anglais : *Not In My BackYard*) (« Le phénomène NIMBY », s. d.)

3. Pertinence du développement du petit éolien

3.a. Maturité technique

De petits installateurs d'éolien domestique ont commencé à apparaître en Wallonie il y a quelque 10 ans. Ceux-ci ont rapidement proposés différents modèles aux agriculteurs : éoliennes verticales ou horizontales, à divers nombres de pales, de puissances variées... Une nouvelle opportunité apparaissait alors pour les agriculteurs : installer une unité de production d'énergie à la ferme et augmenter leur indépendance énergétique.

Les agriculteurs que nous avons interrogés, par exemple, entrevoyaient la possibilité d'avoir une production d'énergie plus en phase avec leur consommation par rapport à l'énergie solaire qui n'est disponible que quand il y fait jour et également une production totale annuelle plus élevée avec une même puissance installée (et cette même limite de 10kW). A leurs yeux, l'éolien domestique semblait alors voué à un grand avenir.

Finalement, il semblerait que les retours d'expérience sur les installations d'éoliennes domestiques ne soient pas très positifs. Il faut savoir que l'éolien domestique présente quelques désavantages en comparaison à l'éolien de puissance. Selon l'APERe, les **installateurs d'éolien domestique ont souvent manqué d'expertise technique**, par contraste avec les entreprises du grand éolien, et cela a très souvent conduit à une surestimation de production, à des défaillances, ... D'ailleurs, les promoteurs du petit éolien ne tiennent souvent pas longtemps et cela peut aussi poser des problèmes avec les garanties (Haveaux et al., 2018). Nous avons également pu voir dans l'actualité, en décembre dernier, un incident lié à une éolienne verticale de la société Fairwind qui a vu ses pales se détacher... Ce genre d'événement n'aide pas le petit éolien à se faire une bonne réputation.

Aussi, le gisement venteux à 10m du sol est bien moins intéressant qu'à plus de 100m : le relief, les arbres, les maisons, ralentissent le vent et surtout créent des turbulences (M. Huart, communication personnelle, 09 septembre 2019). Or, un vent turbulent n'est pas idéal pour faire tourner les pâles de l'éolienne ; il risque en effet d'engendrer une fatigue trop importante des matériaux et une usure prématurée (Rapin & Leconte, 2017). La production peut être calculée avec une « pleine puissance pendant 1.000 heures/an », ce qui veut dire qu'une éolienne de puissance 10kW produit environ 10.000 kWh/an (Compagnons d'Eole, APERe, Vent d'Houyet, & E.R.B.E., 2012). **Le taux de charge de l'éolien domestique est donc inférieur à celui du grand éolien : 11% (1.000h) au lieu de 17% (1.500h)**. En ce qui concerne le retour énergétique sur investissement (énergie totale produite sur la vie de l'éolienne par rapport à l'énergie nécessaire à la production), Cleveland et al. (2010) montre que le retour énergétique augmente de manière logarithmique avec la puissance de l'éolienne. Ceci montre encore une fois l'intérêt de privilégier les plus grosses puissances.

3.b. Maturité économique

Du point de vue du portefeuille, les coûts d'investissement pour l'éolien domestique est estimé entre 4.000 et 9.000 €/kW (Haveaux et al., 2018). Pour rappel et en guise de comparaison, le coût du grand éolien est de 1.320€/kW. L'économie d'échelle est flagrante. Pour illustrer, une éolienne domestique de 10kW serait achetée entre 40.000 et 90.000€. Pour que le prix de revient de l'énergie produite tombe aussi bas que celui de l'éolien de puissance et du PV (~4,4c€/kWh), il faudrait qu'elle tourne sans défaillance entre 9 et 20 ans.

L'éolien de puissance inférieure ou égale à 10kW permet de bénéficier du « compteur qui tourne à l'envers ». En optant pour une puissance de 55kW par exemple, on fait des économies d'échelle mais on ne bénéficie plus de ce système. Aussi, des frais de raccordement au réseau peuvent s'avérer nécessaires et comme pour le photovoltaïque, ces frais incombent au porteur de projet. Enfin, l'éolien bénéficie toujours de certificats verts en Wallonie au même titre que toutes les filières de production renouvelable (sauf PV<10kW). Le taux de CV pour l'éolien domestique est de 1CV/MWh pendant 15 ans, mais ce taux pourrait bien évoluer être remis en cause pour les nouveaux projets (Heneffe, C., communication personnelle, 12 décembre 2019).

3.c. En débat

Malgré tous les éléments qui semblent en défaveur de l'éolien domestique, il est difficile de dire si la situation n'est pas différente pour les exploitations agricoles où l'installation peut se faire dans une zone bien dégagée et exposée au vent. De plus, l'APERe souligne que les PME et exploitations agricoles peuvent bénéficier de quelques avantages, tels que des aides à l'investissement, une déduction fiscale, une étude de préfaisabilité, etc. (Haveaux et al., 2018). Notamment, les PME peuvent bénéficier de 20% d'aide à l'investissement et d'une « réduction fiscale supplémentaire » de 113,5% (Fairwind, communication personnelle); ce qui augmente notablement la rentabilité de l'installation.

A notre connaissance, aucune étude analysant la pertinence de l'éolien domestique dans les exploitations agricoles wallonnes n'a été rendue publique. Nous avons toutefois pu récolter des informations publiées par Fairwind, installateur wallon d'éolien à la ferme depuis 2013 et seul installateur à ce jour. Dans les sections qui suivent, nous donnerons d'une part une idée de l'étendue de l'éolien domestique dans les exploitations agricoles wallonnes (résultats de l'enquête et informations obtenues de Fairwind). D'autre part, nous synthétisons les informations obtenues auprès de 2 agriculteurs ayant installé une éolienne sur leur exploitation et partageons quelques témoignages d'agriculteurs au sujet de projets d'éoliennes domestiques.

4. Une éolienne domestique à la ferme...

4.a. État des lieux wallon par enquête

Parmi les 133 agriculteurs ayant donné réponse à l'enquête, seulement 2 détiennent une éolienne domestique. Les 2 installations sont très contrastées et de taille assez différente. Pour l'une, l'éolienne produit plus de 50.000kWh/an (~50kW) et permet à l'agriculteur d'être auto-suffisant en électricité. Pour l'autre, l'éolienne est de plus petite taille et produit 10.000kWh/an (~10kW), nécessitant le prélèvement de 10.000kWh supplémentaires sur le réseau.

Afin de réaliser un inventaire « à la grosse louche », il a également été demandé aux sondés combien d'agriculteurs dans leur commune ont installé du petit éolien. De cette manière, une petite vingtaine d'éoliennes domestiques ont été répertoriées à travers la Wallonie. Pour rappel, les agriculteurs ayant répondu à l'enquête ont permis de couvrir à peu près un tiers des communes wallonnes... Nous avons ensuite complété l'inventaire avec la liste communiquée par Fairwind (C. Heneffe, communication personnelle, 18 décembre 2019), en se focalisant sur les installations wallonnes et à la ferme ; 15 autres installations ont été inventoriées. La carte présentée en Figure 21 regroupe l'ensemble des éoliennes domestiques « à la ferme » que nous avons pu répertorier.

Au total, 31 installations d'éoliennes domestiques « à la ferme » ont été comptées. Comme Fairwind est l'unique installateur à notre connaissance en Wallonie, nous faisons l'estimation que le nombre total d'éoliennes domestiques en Wallonie ne doit pas dépasser 50. Nous ne prendrons cependant pas le risque d'estimer la production d'énergie totale résultante.



Figure 21 Carte des éoliennes domestiques « à la ferme » inventoriées

4.b. Avantages et inconvénients : échos du terrain

Nous faisons part dans cette section des différents échos que nous avons eus sur le terrain à propos d'installations éoliennes à la ferme. D'une part les deux installations qui ont été visitées sont brièvement décrites pour donner un aperçu des possibilités. D'autre part, quelques morceaux de témoignages sont repris afin de rendre compte de divers avis et difficultés rencontrées sur le terrain.

Exemple n°1

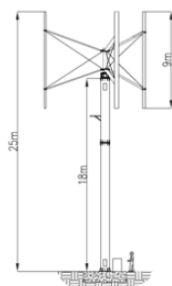
La première éolienne visitée date déjà de 2010. Il s'agit d'un petit modèle d'éolienne à axe horizontal, de puissance nominale 10kW. Sa production annuelle s'élève à environ 10.000kWh. L'achat et l'installation ont coûté 35.000€ pour l'éolienne et 24.000€ pour les 3 onduleurs mais des primes PME ont été obtenues. Avec cette puissance, l'agriculteur bénéficie du compteur qui tourne à l'envers. Il perçoit également des CV pendant 12 ans. Selon lui, la contrainte majeure a été la difficulté d'obtenir le permis au niveau communal. A côté de ça, l'anémomètre a également posé problème... Un avantage certain pour lui est que l'éolienne peut être recyclée à 100%. Bénéficiant de deux compteurs, l'agriculteur a décidé en 2012 d'investir dans des panneaux PV, également pour une puissance juste sous le seuil 10kW (Figure 22 ; Entretien n°6).



Figure 22 Photo des installations éolienne et photovoltaïque dans une ferme wallonne visitée

Exemple n°2

La deuxième installation visitée date de 2014. Il s'agit d'un petit modèle d'éolienne à axe **vertical** de chez Fairwind, également de 10kW. Cette éolienne-ci est plus haute, avec un mât de 18m, et ses pales balaient une surface de 100m². Ces éléments expliquent la production de 25.000kWh/an. La puissance de l'onduleur étant bridée à 10kVA, l'agriculteur bénéficie également du compteur qui tourne à l'envers. L'investissement total a coûté 100.000€ ; mais l'agriculteur a bénéficié des primes PME et de certificats verts.



Modèle	F100-10
Puissance	10 kW
Energie annuelle produite*	35 MWh
Hauteur du mât	18 m
Inaudible à	30 m

* calculée sur base d'une vitesse moyenne de vent de 5,5 m/s

Figure 23 Modèle d'une éolienne domestique "à la ferme" à axe vertical²⁷

²⁷ Note : reproduit à partir de « Fairwind, leader belge du petit éolien vertical ». (s. d.). Consulté sur <https://www.fw4sea.com/>

Quand on l'interroge avec du recul sur sa satisfaction du projet, l'agriculteur fait part de nombreuses contraintes qu'il a rencontrées, tant d'un point de vue technique que des démarches administratives à réaliser :

« Pour faire l'installation, on n'était pas assez encouragé, les démarches étaient compliquées, on s'est retrouvé avec un voisin qui « réclamait »... [...] Quand on l'a eue, l'éolienne n'était pas tout à fait au point, c'était encore le début. Une pâle s'était détachée, on a donc remplacé complètement l'éolienne. Aujourd'hui, l'aérofrein n'est pas encore au point. [...] Bref, il faut vraiment avoir l'énergie d'entreprendre. Quand tu n'as pas de soutien, il faut y mettre beaucoup d'énergie personnelle... » (Entretien n°8)

Discussion de la rentabilité

En se basant sur ces exemples rencontrés sur le terrain, nous voyons que le coût d'investissement pour une éolienne de 10kW varie entre 59 et 100.000€. **Un calcul de coût de revient du kWh d'électricité permet de montrer la faible maturité de l'éolien domestique.** Dans le premier cas étudié, l'éolienne permet une production annuelle de 1.000kWh/kW installé. En espérant pouvoir tirer une production équivalente pendant 20 ans, le coût final du kWh revient tout de même à 30c€/kWh, ce qui est plus élevé que le prix d'achat du kWh ! Dans le deuxième cas, l'éolienne verticale permet une performance un peu supérieure avec une production de 2.500kWh/kW et donc un coût de revient de l'électricité de 16c€/kWh... **Le bilan reste vraiment mitigé. Afin que ce genre d'installation soit rentable, on voit que les aides à l'investissement et les certificats verts sont encore largement nécessaires.**

Contraintes

A côté de cette immaturité et de la dépendance aux aides publiques, d'autres contraintes ont été mises en évidence. On peut rarement se permettre de se payer une étude de vent lors d'un projet individuel de ce type. Or, avoir un vent suffisant est essentiel pour s'assurer une certaine production (« Considérer l'aspect économique de l'installation d'une éolienne », 2010). D'autre part, le porteur de projet devra faire face à de nombreux obstacles à l'initiation du projet : obtenir le permis (contraintes urbanistiques), faire face à l'opposition de voisins, respecter les exigences du raccordement au réseau, etc. Voici deux commentaires illustrant l'opinion des agriculteurs à ce sujet :

« On souhaitait implanter une petite éolienne verticale mais cela a été interdit par la commune car nous nous situons dans le rayon de protection de l'aérodrome [...] » (Réponse à l'enquête n°61/133)

« Une demande de permis pour une petite éolienne avait été introduite et refusée à 3 reprises. On n'est donc pas soutenu par les politiques pour l'énergie renouvelable dans les fermes [...] On doit regarder au climat mais rien ne bouge. » (Réponse à l'enquête n°99/133)

Conclusion

Le bilan de l'éolien domestique est assez mitigé. Il a certes des avantages par rapport au photovoltaïque, de pouvoir produire également la nuit par exemple, mais actuellement le coût de revient de son électricité ne permet pas d'assurer la rentabilité et les aides publiques sont encore clairement nécessaires. De plus, la fiabilité des installations est remise en doute... Il a donc été délibérément choisi de ne pas discuter de son potentiel de développement.

Biométhanisation agricole



CHAPITRE 3 : LA FILIÈRE BIOMÉTHANISATION DANS LE SECTEUR AGRICOLE WALLON

La filière biométhanisation est bien plus vaste et complexe que les filières solaire et éolien. Sa discussion nécessite en effet une compréhension globale de nombreux enjeux, tel que les enjeux de choix d'usage des terres agricoles. La discussion de la pertinence du développement de cette filière fait donc l'objet d'une section un peu plus longue que pour les autres énergies discutées. De plus, cette filière est assez méconnue du grand public, c'est pourquoi nous en rappelons d'abord les principes de base.

1. Pertinence du développement de la biométhanisation

1.a. Principes de base

La biométhanisation à l'origine est un système de traitement des déchets. Les déchets verts/organiques, les sous-produits d'industries agro-alimentaires, les résidus agricoles, et autres peuvent être valorisés de cette manière. La biométhanisation désigne en fait un ensemble de processus biologiques durant lesquels la matière première est digérée en anaérobie. Cette digestion donne lieu à deux produits : d'une part, une phase gazeuse, le biogaz (mélange essentiellement composé de CO_2 , CH_4 , ...) et d'autre part, le résidu de la digestion de la biomasse, le digestat (Heneffe, 2018).

Nous souhaitons donc attirer l'attention sur le fait qu'il ne s'agit pas d'une technique dont le but principal est de produire de l'énergie, par contraste avec le photovoltaïque et l'éolien développés ci-avant. La biométhanisation permet de valoriser des déchets et par là, produire une matière digérée qui se révèle être un excellent fertilisant naturel et amendement pour les sols. Le biogaz, quant à lui, est utilisé comme source d'énergie primaire.

La production de biogaz dépend énormément des matières entrantes dans le digesteur. En effet, chaque type d'intrant va avoir son propre potentiel méthanogène, c'est-à-dire que sa digestion va produire plus ou moins de méthane. Le choix des matières entrantes va donc largement impacter le rendement en biogaz de l'unité (Heneffe, 2018)

Les aspects les plus techniques sur la biométhanisation et la gestion du digesteur ne sont volontairement pas développés ici. Ils ne sont en effet pas essentiels pour la compréhension de la suite du développement. Le lecteur pourra se référer aux publications du facilitateur ValBiom qui vulgarisent toute l'information à propos notamment de ces aspects techniques.

1.b. Production d'énergie renouvelable

Le biogaz est un vecteur énergétique qui peut être valorisé de différentes manières. Jusqu'à présent, la voie privilégiée de production d'énergie renouvelable par biométhanisation en Wallonie a été la cogénération (Green Gas Platform, 2019). Celle-ci permet de produire simultanément de l'électricité, qui permet de remplacer de l'électricité non renouvelable, et de la chaleur verte.

D'autres types d'utilisation du biogaz sont possibles, tels que la combustion dans une chaudière pour un besoin exclusif en chaleur, ou la combustion dans un moteur/ l'utilisation d'une turbine, sans récupération de chaleur pour une production exclusive d'électricité. Le choix parmi ces possibilités

doit se faire en adéquation avec les besoins en chaleur/électricité de l'utilisateur. Il est important également de noter que le rendement électrique d'un moteur-générateur au biogaz est limité (de 30 à 40%) et que coupler la génération d'électricité avec une récupération de chaleur permet de faire monter le rendement global à 80-90%, d'où le déploiement prioritaire de la technique de cogénération.

Pour le porteur de projet, une autre possibilité réside dans l'injection du biogaz dans le réseau (ce qui permet son utilisation à distance) ou l'utilisation directe en biocarburant. Dans les deux cas, le biogaz (mélange de gaz) doit subir au préalable une étape d'épuration en biométhane (CH_4 « pur »). Selon la technique utilisée, le rendement varie de 85 à 99,9% pour la phase d'épuration seule (Heneffe 2018). La possibilité d'injecter le biogaz produit dans le réseau de gaz naturel a été intégrée dans la législation en 2018. Un projet d'injection du biogaz à partir d'une unité de biométhanisation a été mis en place en Flandres (projet IOK, www.iok.be) mais pas encore en Wallonie.

Un atout que l'on attribue généralement à la biométhanisation en matière d'énergie est le caractère stable de la production. En effet, la production de biogaz est constante²⁸ comme il est produit à partir de biomasse. Les inconvénients liés à l'intermittence des énergies renouvelables éoliennes et solaires sont donc évités (Green Gas Platform, 2019). Ensuite l'énergie peut être fournie « à la demande », étant donné le stockage facile du biogaz, à nouveau par contraste avec l'électricité.

1.c. De multiples bénéfices environnementaux

Afin d'évaluer la durabilité de la production de biogaz et la pertinence du développement de cette énergie, il est bon de décortiquer les différents bénéfices généralement mis en évidence.

En premier lieu, la production d'énergie verte (qu'elle soit sous forme de biogaz, électricité ou chaleur) permet d'économiser une production non renouvelable et donc les émissions de GES qui en découlent. Mais tandis que l'éolien et le solaire permettront surtout de verdir l'électricité du réseau, le biogaz et le bioCNG pourraient davantage « décarboner » les secteurs du chauffage et du transport... Secteurs qui aujourd'hui peinent encore à s'affranchir des ressources fossiles.

En deuxième lieu, la biométhanisation permet la gestion des effluents d'élevage et d'éviter les émissions de méthane qui y sont liées. Il s'agit d'un point qui a toute son importance quand on sait que la gestion des effluents d'élevage est responsable de 20% des émissions du secteur (Green Gas Platform, 2019). Donc finalement grâce à la récupération des effluents, le méthane n'est plus simplement émis dans l'atmosphère mais est récupéré (et généré en quantité) pour être utilisé à des fins énergétiques.

Un dernier point souvent relevé est l'avantage de produire de l'azote biosourcé permettant de se passer de fertilisants de synthèse et d'augmenter également l'indépendance du territoire de ce point de vue. De plus, il a été démontré que le digestat permet un apport de NH_4 préféré par la plante (par rapport au NO_3) et diminue la lixiviation²⁹ de l'azote donc consécutivement amène moins de pollution des nappes phréatiques (Tsachidou et al., 2019). Tout en maintenant la productivité des parcelles dans le temps, l'application du digestat permet encore d'augmenter la séquestration du carbone dans

²⁸ Son taux de fonctionnement est estimé à 90%. Ce taux de fonctionnement pour la biométhanisation est comparable à la notion de taux de charge utilisée pour l'énergie éolienne ou solaire. Il permet d'estimer la production d'énergie à partir de la puissance de l'unité de production installée.

²⁹ La lixiviation désigne dans le domaine des sciences du sol, l'entraînement d'éléments solubles par les eaux d'infiltration à travers le sol (https://www.dictionnaire-environnement.com/lixiviation_ID158.html).

le sol, de stabiliser la matière organique, donc d'augmenter la capacité de rétention en eau du sol, point majeur dans l'adaptation au changement climatique (Tsachidou et al., 2019).

Enfin, de nombreux bénéfices de natures diverses sont encore pointés par les partisans du biogaz tels que la création d'emploi local, et le bénéfice environnemental de la valorisation de déchets verts, des eaux usées, des boues de station d'épuration, des sous-produits et déchets de l'industrie agro-alimentaire, etc. La biométhanisation dans son ensemble est donc un excellent exemple d'économie circulaire et de modèle économique permettant de créer du lien social dans les territoires (Green Gas Platform, 2019).

Toutefois, la durabilité de la biométhanisation peut être questionnée en fonction des biomasses choisies comme matières premières à l'entrée du digesteur (Baldino, Pavlenko, Searle, & Christensen, 2018). En effet, la production de biomasse dédiée à la biométhanisation fait débat car elle fait concurrence avec des cultures dédiées à l'alimentation (ADEME et al., 2018). Il peut donc y avoir conflit d'usage et il est nécessaire de développer une vision intégrée de la gestion du territoire.

1.d. Bilan énergie et bilan carbone

Pour faire un bilan énergétique complet, les productions éventuelles de biomasse dédiée, justement, doivent être prises en compte. Il est nécessaire de considérer l'énergie dépensée à la mise en culture, mais aussi éventuellement au transport des matières jusqu'au site de l'installation de biométhanisation. La distance à parcourir pour les matières premières est très importante et impacte largement le rendement énergétique de la biométhanisation (O. Bontems, communication personnelle, 07 septembre 2019). Le transport des matières premières est un élément qui doit être pris en compte dès la conception du projet.

Dans une vision la plus globale possible, l'énergie biobasée est une forme d'énergie solaire indirecte. En effet, les cultures puisent initialement l'énergie solaire par photosynthèse pour croître. Or, le rendement initial de capture de l'énergie solaire par la biomasse est bien inférieur à celui d'un panneau photovoltaïque par exemple (M. Huart, communication personnelle, 09 septembre 2019) : le rendement de la photosynthèse ne s'élève qu'à 0,6% contre 20% de rendement pour les panneaux solaires PV. Ces chiffres permettent de mettre en balance, d'une autre manière, la pertinence de dédier des cultures agricoles avec la revalorisation de sous-produits et/ou déchets.

En ce qui concerne l'empreinte carbone de la biométhanisation, le rapport du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) de 2011 l'estime à 222g CO₂-eq/kWh, en moyenne globale (GIEC, 2011, p.19). L'empreinte carbone est donc inférieure à l'intensité carbone actuelle du mix énergétique wallon qui pour rappel, est de 456 gCO₂-eq/kWh (CWaPE, 2007). Cependant, ces bilans « carbone » varient énormément selon les types de biomasse utilisées pour « nourrir » le digesteur. Il est généralement accepté que les unités de biométhanisation basées exclusivement sur les effluents d'élevage permettent une réduction certaine des émissions de GES (Baldino et al., 2018). En effet, leur récupération permet largement de compenser les émissions de CO₂ liées à l'utilisation du biogaz. Pour rappel, la combustion du méthane libère du CO₂. A contrario, lorsque la biométhanisation se base sur une grande proportion de cultures dédiées, le bilan est plus délicat car il est nécessaire de prendre en compte les changements d'utilisation des sols (A. Collignon, Inter-Environnement-Wallonie, communication orale, 27 novembre 2019). Or ces changements d'utilisation des sols devraient, pour le bien, être comptabilisés au niveau mondial, ce qui rend bien évidemment la réalisation des bilans difficiles. Pour mieux comprendre l'impact

environnemental du développement de la biomasse-énergie, divers organismes dont le bureau d'études Climact (www.climact.com) travaillent actuellement sur le sujet.

1.e. Aspects économiques

Lorsqu'on développe un projet de biométhanisation, il est nécessaire de garder à l'esprit que les coûts d'installation de l'unité ne constituent qu'un tiers de l'investissement total à prévoir. La maintenance, l'exploitation, et l'approvisionnement en intrants constituent les 2/3 autres (Heneffe, 2019). Une table reprenant l'ensemble des charges et revenus à considérer est disponible en Annexe 11.

Les montants initiaux d'investissements (25 à 40% des coûts totaux) sont très variables. Selon les cas wallons, ils s'étendent de 4.000 à 12.000€ par kW électrique du moteur de cogénération, pour des échelles de 30kWél à 2MWél (Heneffe, 2019). En d'autres termes, l'investissement total peut varier entre 360.000 et 8.000.000€.

Pour pouvoir comparer le coût de revient de l'électricité produite, nous considérerons que le moteur de cogénération peut tourner ~ 8.000h/an pendant 15 à 20 ans et que les montants d'investissement cités ci-dessus équivalent au tiers de l'investissement total. On obtient donc un **coût de revient de l'électricité situé entre 10 et 25c€/kWh. Donc comparé au coût de revient du photovoltaïque ou de l'éolien de puissance de 4,4c€/kWh, celui de la biométhanisation est de 2 à 6 fois plus élevé.**

Ce coût de revient dépend très fort du projet et se situe dans le même intervalle que le prix d'achat de l'électricité ; on comprend donc que la biométhanisation fasse l'objet de soutiens tant pour l'installation que pour la production. Ces soutiens publics ont évolué ces dernières années de manière à assurer une rentabilité approximative de 8% des projets (G. de Seny, communication personnelle, 14 décembre 2019). Davantage d'information à propos des obstacles financiers et des aides disponibles est donnée en section 6.

1.f. Place du biogaz dans la transition énergétique wallonne

Les débats de concurrence d'usage des terres agricoles sont très présents aussi en Wallonie ; non seulement pour l'usage non alimentaire de nos terres agricoles, mais surtout pour la pression sur les terres arables répercutée à l'échelle planétaire. Inter-Environnement Wallonie (IEW) met en garde par rapport à l'impact environnemental des cultures énergétiques et rappelle les retours négatifs engendrés par les cultures énergétiques pour les agro-carburants (Communication personnelle, 27 novembre 2019 ; IEW, 2018).

Malgré ces débats, **de nombreux acteurs défendent les atouts de la biométhanisation au niveau belge et poussent à l'intégration d'objectifs ambitieux de développement de la biométhanisation en Belgique.** Dans le cadre du développement du biogaz, la plateforme *Green Gas Platform* vient d'être créée. Elle fédère Gas.be (gestionnaires belges de transport et distribution du gaz) avec ValBiom et Biogas-E qui sont spécialistes du sujet et actent pour un développement durable de la biométhanisation. Cette initiative promeut un gaz 100% vert d'ici 2050 en Belgique. **Selon eux, le biogaz pourrait jouer un rôle pivot dans la transition énergétique**, en aidant à se débarrasser progressivement d'autres sources d'énergie non renouvelables.

2. Potentiel de production de biogaz en Wallonie

Une évaluation des gisements « théoriques non-alimentaires » et de leur potentiel énergétique associé a déjà été réalisée par ValBiom en 2016 (Spezzani, 2016). Les parts des différentes ressources de biomasse agricoles et non agricoles mobilisables en biométhanisation sont estimées ; ces estimations prennent en compte la valorisation alimentaire de la biomasse (humaine & animale) mais aussi le retour de matière organique au sol et un mix de valorisations énergétiques (combustion, biocarburant).

De cette estimation de Spezzani découle l'énergie primaire totale qui pourrait être créée par biométhanisation : **~3.000 GWh de biogaz**. Le détail de cette estimation est disponible en Annexe 12. Cette estimation prend en compte la mobilisation de biomasse d'origine non agricole - telle que déchets verts, boues de stations d'épuration, déchets d'industries agro-alimentaires, etc. Au total, 2/3 du potentiel énergétique est basé sur de la biomasse d'origine agricole, contre 1/3 sur de la biomasse dite « résiduelle ». Bien que la présente étude cherche à chiffrer la contribution relative à l'agriculture, ces deux catégories (agricoles et non agricoles) ne peuvent pas être considérées séparément car le substrat d'une unité dite « agricole » peut très bien être complété par des matières extérieures.

Dans le cadre de l'initiative Green Gas Platform et du partenariat entre ValBiom ASBL et Biogas-E, les facilitateurs de chez ValBiom ASBL ont été chargés d'une étude sur le potentiel du biométhane injecté en Belgique (Schmitt, 2019). Pour ce faire, le potentiel de production de biogaz a d'abord été calculé. **Ce potentiel s'élèverait à 8.300 GWh à l'échelle de la Wallonie, et 70% serait injectable sur le réseau.**

On voit donc que l'estimation du potentiel de biométhanisation a été revue à la hausse dans cette nouvelle étude par rapport à l'étude de 2015. Dans cette nouvelle estimation, 37% du gisement est issu de cultures dédiées et 63% de déchets ; **80% du gisement est d'origine agricole** et 20% de natures diverses (boues de traitement des eaux, ordures ménagères, déchets verts). La différence entre les estimations de potentiel de production de biogaz provient du choix de scénarios de développement contrastés, considérant plus ou moins de résidus de grandes cultures et de cultures intermédiaires dédiées. Notez aussi que l'injection du biogaz n'était pas encore envisagée dans le rapport de 2015.

Ces estimations reposent sur des choix politiques de gestion du territoire et des terres agricoles fertiles, mais aussi sur les conditions actuelles de ratio cultures/élevage, des industries agro-alimentaires existantes, des habitudes de consommation, etc. Toutes ces conditions sont donc susceptibles d'évoluer.

3. Différents niveaux d'engagement pour les agriculteurs

Les facilitateurs biométhanisation ont l'habitude de dire qu'il existe autant de types de biométhanisation que de projets en cours, car chaque projet comporte vraiment des spécificités (mix d'intrants, valorisation de l'énergie, taille de l'unité, acteurs porteurs du projet, financement...). Nous allons ici simplement **différencier deux niveaux d'engagement pour l'agriculteur : d'une part investir dans sa propre unité de biométhanisation dans son exploitation et d'autre part, participer à l'apport des matières premières d'une unité portée par un tiers**. Nous chercherons à mettre en avant les principales opportunités et contraintes pour chacun de ces modèles.

3.a. Installer sa propre unité de biométhanisation à la ferme

L'avantage majeur de porter son propre projet de biométhanisation est que l'énergie produite revient au porteur de projet, de la même manière que dans le cas d'une installation photovoltaïque ou d'éolien domestique. La différence de la biométhanisation est que l'énergie peut se présenter sous d'autres formes que l'électricité : biogaz (éventuellement épuré en biométhane) ou chaleur (issue de la cogénération), et qu'elle est produite de manière constante ce qui confère un avantage non négligeable... Comme l'énergie appartient dans ce cas à l'agriculteur, il peut réduire ses factures énergétiques et aussi en percevoir un revenu dans le cas de la vente. Il en percevra de plus les éventuelles aides publiques à la production : certificats verts pour l'électricité (CV), labels de garantie d'origine pour le biogaz (LGO).

L'agriculteur bénéficie aussi du digestat, qu'il peut décider de valoriser de plusieurs manières : épandage sur ses propres terres (dans le cas d'une petite unité) ou vente. Le digestat peut éventuellement être transformé pour en retirer davantage de valeur ajoutée : séché (évite le transport de l'eau), fractionné (contrôle de l'action fertilisante), composté, ...

En contrepartie, l'agriculteur doit prendre en charge les responsabilités du projet, et les risques associés. D'une part, il doit en assurer lui-même l'investissement. Ou alors il peut décider de partager le financement par l'intermédiaire d'une coopérative citoyenne, ou un collectif d'agriculteurs par exemple. Ensuite, il aura besoin de temps et de ténacité lors du développement du projet ; quelques années sont généralement nécessaires. De plus, les habitudes de travail de l'agriculteur doivent être adaptées : production/approvisionnement en matières premières, gestion et exploitation du digesteur (une « énorme vache en béton à nourrir ») ... En bref, **un projet de biométhanisation est bien plus imposant, énergivore, coûteux et chronophage que les autres moyens de production développés précédemment** (photovoltaïque par exemple).

3.b. Participer à un projet de biométhanisation porté par un tiers

Outre la possibilité de monter son propre projet, il est également possible d'agir en tant que seul « producteur de matières premières » et/ou « consommateur de digestat ». Le projet peut être porté par la commune par exemple (cas de l'unité d'Aiseau-Presles), par une coopérative d'agriculteurs (cas de l'unité du Haut Geer) ou encore par d'autres types d'acteurs comme le projet Sibiom de Leuze-en-Hainaut, porté par ENGIE et IDETA. Les responsabilités et l'investissement sont donc ainsi partagés et ne reposent plus seulement sur l'agriculteur.

4. État des lieux

Un panorama de la filière est mis à jour et publié chaque année par les « facilitateurs biométhanisation » de ValBiom ASBL. Cette section met en avant les points de leur rapport les plus pertinents pour ce travail. Pour plus de détails, le lecteur est renvoyé à ce document de référence disponible via leur site internet.

En Wallonie, la biométhanisation agricole (i.e. : intrants notamment d'origine agricole et projet généralement porté par des agriculteurs) est encore peu développée. En 2017, la région comptait 29 installations seulement, à savoir : 13 unités agricoles et 16 unités en micro-biométhanisation (Figure 24).

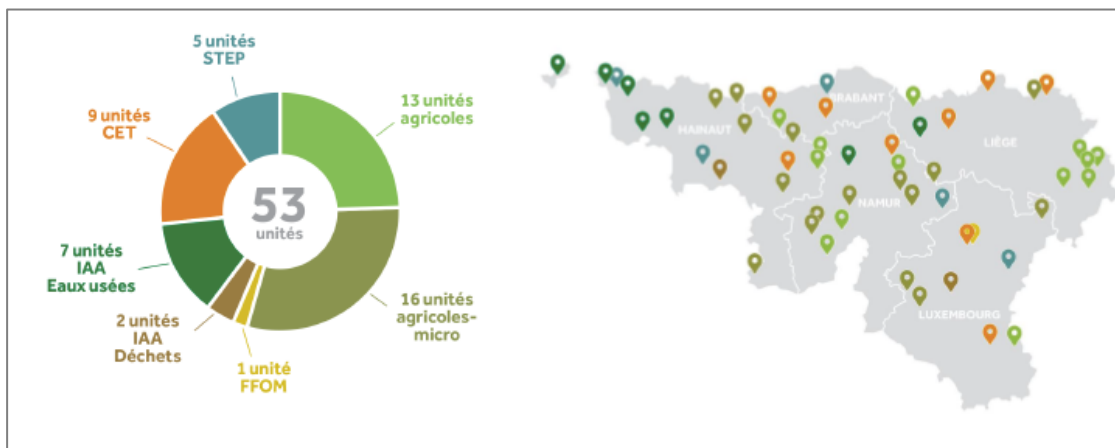


Figure 24 État des lieux des unités de biométhanisation sur le territoire wallon en 2018 et localisation ; Note : FFOM = Fraction fermentescible des déchets ménagers, IAA = Industries agro-alimentaires, CET = Centre d'enfouissement technique, STEP = Station d'épuration

On peut donc considérer qu'**au moins 29 exploitations agricoles sont directement engagées dans un projet de biométhanisation**. Avec ce petit nombre d'unités, la Belgique se place bien loin derrière l'Allemagne, l'Italie et la France (European Biogas Association, 2018). La biométhanisation agricole wallonne dans son état de développement actuel permet de produire environ **55GWh/an d'électricité et 15GWh/an de chaleur** (hors utilisations directes pour l'unité elle-même) (Figure 25). **Cette production électrique par biométhanisation-cogénération est du même ordre de grandeur que la production actuelle estimée d'énergie solaire photovoltaïque produite par le secteur agricole wallon.**

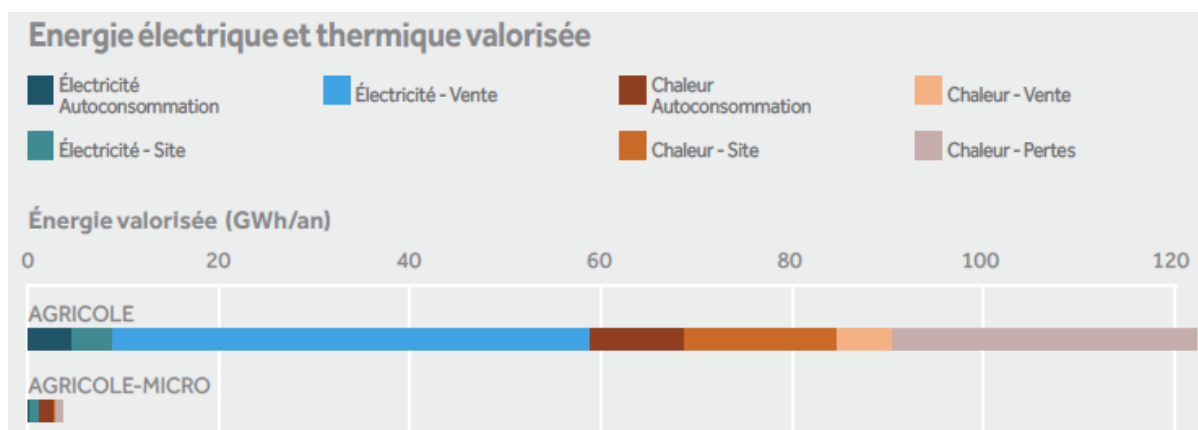


Figure 25 Production d'énergie renouvelable annuelle par la biométhanisation et la micro-biométhanisation agricoles wallonnes (Heneffe, 2018)

Tandis que les « micro-biométhanisation » valorisent généralement toute l'énergie directement dans l'exploitation, les unités plus grosses ont tendance à vendre leur production électrique sur le réseau. La chaleur quant à elle est difficilement vendue (sauf certains cas où un réseau de chaleur a pu être mis en place pour alimenter des maisons et entreprises voisines). **Il devient donc intéressant pour l'agriculteur de développer d'autres activités pour valoriser cette chaleur « gratuite ».**

Jusqu'à présent les agriculteurs porteurs de projet biométhanisation valorisent la chaleur en chauffage pour leurs bâtiments et/ou l'eau, en l'injectant dans un réseau de chaleur ou dans diverses activités de diversification: le séchage de foin en granges/de plaquettes de bois/ du digestat , un atelier de transformation (fromagerie), du maraîchage ou production de légumes, etc. (Heneffe, 2018). La production de tomates sous serre peut à la fois permettre de valoriser la chaleur et le digestat « phase solide », qui vient de se voir montré comme excellent substrat à la culture des tomates à la Ferme du Faascht (Belgian Biogaz Week, Communication orale, 27 novembre 2019). La production d'algues grâce à certaines fractions du digestat est également en cours de recherche... **Bref, les possibilités de diversification et couplage des activités grâce au développement d'un projet de biométhanisation sont nombreuses et variées.**

5. Position générale des agriculteurs

Afin de cerner les positions des agriculteurs wallons par rapport à une installation de biométhanisation à la ferme, la question suivante leur a été soumise dans l'enquête : « Avez-vous déjà envisagé d'installer une unité de biométhanisation dans votre ferme ? ». Les réponses à cette question sont présentées dans la Figure 26.

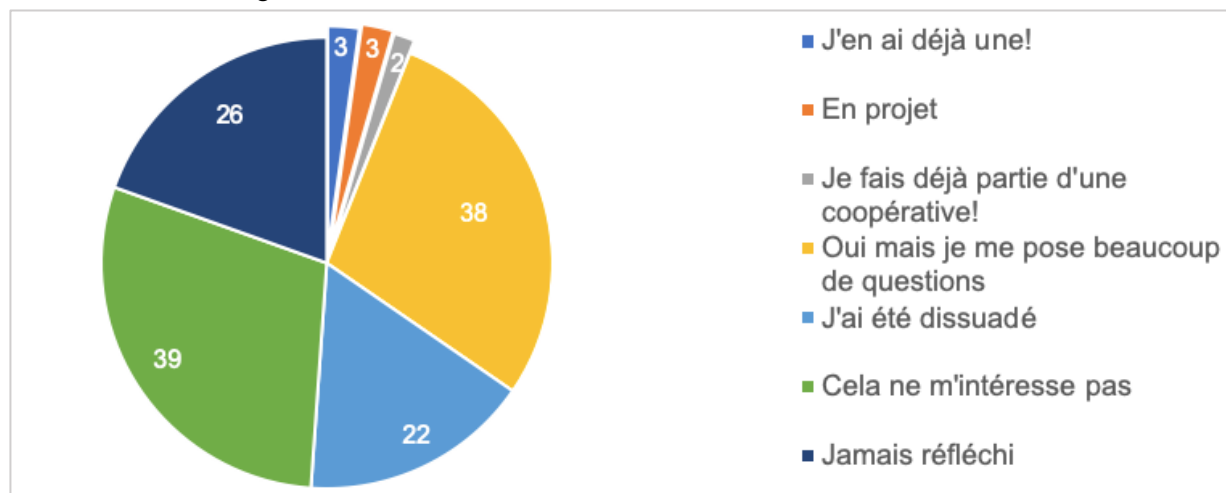


Figure 26 Occurrence des positions des agriculteurs par rapport à une installation de biométhanisation à la ferme (réponses de l'enquête à la question « Avez-vous déjà envisagé d'installer une unité de biométhanisation dans votre ferme ? » ; 133 réponses)

Parmi les 133 réponses à l'enquête, 3 agriculteurs ont déjà une unité de biométhanisation dans leur exploitation, 2 agriculteurs font partie d'une coopérative et 3 développent un projet. Ceux-ci regroupent déjà plus de 5% des agriculteurs interrogés. Rappelons qu'il est fort probable que les personnes les plus intéressées par le sujet des énergies renouvelables aient davantage répondu à l'enquête que les personnes ne s'y étant jamais intéressées.

En dehors de ces agriculteurs menant ou développant un projet, près de 30% des sondés sont perplexes/réticents et un peu moins de 20% ont été dissuadés d'installer une unité de biométhanisation. Les différentes raisons de ces positions ont été investiguées et sont détaillées dans la section suivante. Enfin, l'autre moitié des agriculteurs sondés n'y a jamais réfléchi, ou n'est pas intéressée. Le profil de ces 66 individus peut être mis en évidence par différents indicateurs.

« Jamais réfléchi »

Un tiers des agriculteurs n'ayant « jamais réfléchi » à la biométhanisation se révèlent être déjà auto-suffisants en électricité grâce à une installation photovoltaïque. Ils n'ont donc pas le besoin de produire davantage d'énergie. Il paraît donc évident qu'ils ne réfléchissent pas à un projet de biométhanisation. Tous les autres sans exception trouvent que les agriculteurs ne sont pas suffisamment informés au sujet de la biométhanisation. **Ces agriculteurs n'ayant jamais réfléchi au sujet de la biométhanisation sont vraisemblablement mal informés.**

« Cela ne m'intéresse pas »

Parmi les 40 agriculteurs qui ne se disent « pas intéressé »: la plupart (29) ont également des panneaux photovoltaïques ou ont l'intention d'en installer. **Généralement l'installation de panneaux semble avoir été l'option privilégiée de production d'énergie par rapport à une installation de biométhanisation.**

Les autres répondants (11) sont dans la majorité de petites exploitations. N'ayant pas d'élevage laitier ou pas de grandes cultures, ils sont très peu diversifiés dans leurs activités et avancent déjà des freins financiers pour le photovoltaïque, qui est pourtant une technologie plus accessible.

Parmi eux, un groupe de 8 individus (soit 1/5) partage des caractéristiques qui montrent une position générale plutôt défavorable par rapport à la biométhanisation. D'une part, ils trouvent que les agriculteurs sont suffisamment informés à propos de la biométhanisation. D'autre part, ils ne souhaiteraient pas intégrer un projet de biométhanisation de proximité. L'un d'eux nous a laissé un commentaire illustrant particulièrement bien cette position, défavorable au développement de la biométhanisation :

« Convaincu que la biométhanisation est une fausse bonne idée et qu'il faut absolument arrêter de mettre le moindre argent public là-dedans » (réponse à l'enquête n°106/133)

Tous n'ont pas forcément une opinion aussi radicale. Un projet de biométhanisation est un projet d'envergure et c'est normal que cela n'intéresse pas tout le monde. Nous avons tout de même cherché à comprendre les éléments qui dissuadent généralement les agriculteurs à s'engager dans un projet de biométhanisation...

6. Les freins à la biométhanisation agricole

La question « Quels éléments vous dissuadent d'installer une unité de biométhanisation à la ferme ? » a été proposée aux agriculteurs à travers l'enquête. Celle-ci a donné lieu à 60 réponses.

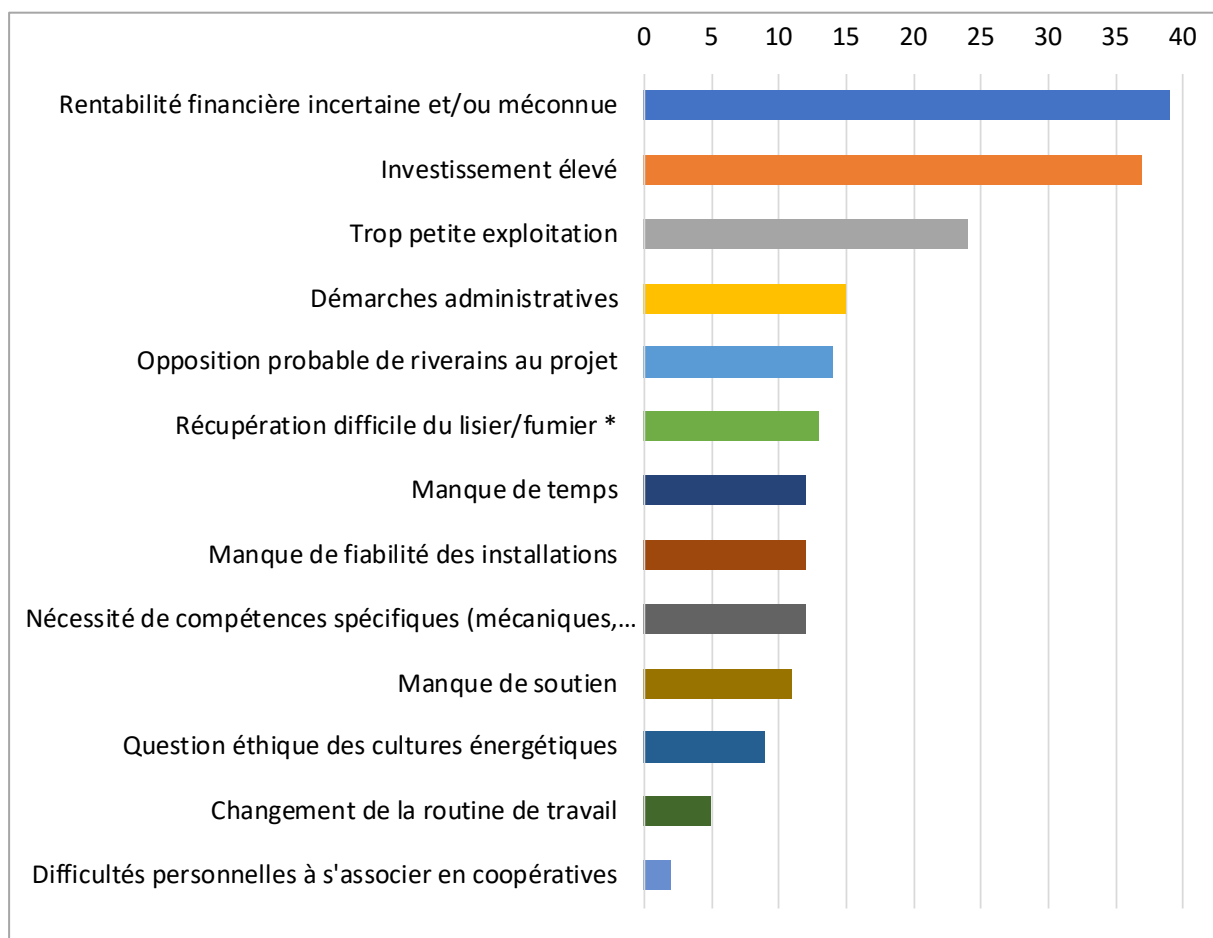


Figure 27 Occurrence des critères dissuasifs à l'installation de biométhanisation à la ferme selon les agriculteurs (réponses de l'enquête à la question "Quels éléments vous dissuadent d'installer une unité de biométhanisation? (choisir les 3 éléments majeurs)" ; 60 réponses)

Les deux freins ayant été cités le plus grand nombre de fois sont la rentabilité incertaine/méconnue et la hauteur de l'investissement initial, deux critères financiers. Notre entretien mené avec C. Heneffe le 05/12/19 (cf. Méthodologie) servira ici de support et référence pour comprendre les différents enjeux cachés de ces freins identifiés.

Rentabilité et investissement

Les questions financières sont, de loin, les éléments qui tracassent le plus les agriculteurs quand on leur demande s'ils souhaiteraient développer un projet de biométhanisation sur leur ferme. En effet, la grosse majorité des sondés (51/60) cite au moins l'un de ces deux critères. 25 citent les deux critères ensemble tandis que 14 citent uniquement les doutes sur la rentabilité et 12 citent uniquement la hauteur de l'investissement.

Selon C. Heneffe, facilitatrice biométhanisation, il est clair que ce sont les plus gros freins. Elle nous explique l'origine de ces craintes :

« Alors je sais que c'est quelque-chose dont les agriculteurs ont encore fort peur (...) Les Certificats Verts (CV), il faut se dire que c'est la grosse majorité des rentrées : deux tiers si pas plus (...) »

Il faut savoir que vers 2013-2014, il y a eu une grosse crise des CV. Le prix des CV tout à coup est tombé très bas et alors en parallèle, avec le développement de la biométhanisation au niveau européen, on a eu une forte tension qui a commencé à se mettre sur les matières premières (...) Donc, les deux éléments combinés ont fait que le secteur s'est retrouvé noyé et il a fallu négocier avec le gouvernement. Maintenant, on dépend toujours du mécanisme de CV (...) C'est un frein qui est souvent identifié parce qu'on dépend d'un soutien extérieur et ce soutien peut être fluctuant, peut être coupé du jour au lendemain (...) »

Après au niveau de l'investissement élevé, effectivement on est sur des projets de plusieurs millions (...) mais un projet d'1-2 million c'est courant [à la ferme]. Il faut se dire que c'est un nouvel outil qui est mis en place : si on décide d'acheter de nouveaux tracteurs pour lancer une nouvelle activité on est aussi « sur les mêmes types d'investissement ». Ça reste quelque chose qui va ouvrir les portes vers de l'emploi, vers de la diversification, de la stabilité, la possibilité d'avoir un technicien spécialisé et des choses comme ça sur la ferme. Donc ce sont des choses qui peuvent apporter d'autres co-bénéfices... »

A côté des 2,5 CV/MWh produit net, les agriculteurs peuvent bénéficier d'une aide à l'investissement pour l'« Utilisation Durable de l'Énergie » (UDE) de 27,5% sous les 600kWél et 22,5% au-dessus, du Fonds Européen Agricole pour le Développement Rural (FEADER)³⁰ (« Demander une prime à l'investissement (PME ou Grande Entreprise) », s. d.). Depuis l'AGW de mars 2018, le cadre est mis en place pour la valorisation du biométhane injecté par les LGO (Label de Garantie d'Origine) pour lesquels le porteur de projet doit trouver acheteur, à savoir une unité de cogénération fossile.

De plus, comme nous l'avons discuté précédemment, **de nombreux nouveaux débouchés sont en train de se développer pour une meilleure valorisation des produits de la biométhanisation ; tant pour la valorisation du biogaz, que du digestat.** L'injection du biométhane sur le réseau et la possibilité d'alimenter des engins agricoles, flottes de véhicules communaux, etc. offrent clairement de nouvelles perspectives de rentrées financières. Dans le cas d'un projet de biométhanisation à l'échelle d'une ferme, des tas de possibilités de diversification des activités sont possibles pour l'agriculteur, permettant d'augmenter et potentiellement stabiliser ses revenus (algues, serres, atelier de transformation...). Les « Pistes pour un déploiement à plus grande échelle » seront décrites dans une section dédiée.

Taille de l'exploitation

L'élément dissuasif suivant est la taille de l'exploitation. Les agriculteurs ont tendance à penser qu'un petit troupeau ou peu de surface agricole ne leur donne pas la possibilité de développer de la biométhanisation. Ceux qui citent ce critère exploitent une surface moins grande en moyenne que

³⁰ Description du FEADER disponible à l'adresse :

https://ec.europa.eu/regional_policy/fr/policy/what/glossary/e/european-agricultural-fund-for-rural-development

l'ensemble des sondés : 62 contre 85ha. Pour rappel, la SAU moyenne des exploitations wallonnes est de 57ha ! En outre, ils ont un troupeau moyen (tous types d'élevage confondus), de 134UGB contre 147UGB de moyenne sur l'ensemble des sondés.

La taille de l'exploitation est un critère majeur avancé 4 fois sur 10, alors qu'en est-il réellement ? Quelle taille d'exploitation faut-il pour s'engager dans un projet de biométhanisation ? Selon C. Heneffe, tout dépend du type de projet :

« Si ton but est de faire de l'autoconsommation sur ta ferme, clairement, il faut être une grosse ferme, une grosse ferme laitière (...) On estime qu'il faut quand même 30-40kW installés pour que ce soit rentable à l'heure actuelle, dans les circonstances actuelles. Cette taille-là, ça veut dire qu'on est sur un cheptel de 200-300 vaches laitières. Voilà. Ou alors, il faut d'autres intrants de la ferme pour pouvoir ajuster un petit peu(...) Après si tu veux simplement développer une nouvelle activité, peu importe la taille de la ferme. Ce n'est pas ça qui sera le facteur limitant : ce sera plutôt dépendant de ta volonté, puis des matières que tu sais avoir et ta gestion (...) »

Ces critères financiers et de taille d'exploitation vont être des critères décisifs pour l'agriculteur dans le choix d'implanter ou non une unité de biométhanisation. Ils représentent les trois critères les plus prépondérants. Les 6 prochains freins qui seront discutés ont tous eu un poids relativement similaire dans la tête des sondés : ils ont été cités de 10 à 15 fois sur les 60 interrogés.

Démarches administratives

Pour implanter une nouvelle unité de biométhanisation, le porteur de projet doit faire face à quelques démarches plus ou moins pénibles. Avant de débiter tout projet, il faut aller voir d'autres unités et visiter des sites déjà en exploitation pour bien prendre conscience de l'investissement que cela demande. Ensuite, un projet de biométhanisation va demander de faire une étude de préfaisabilité (dimensionner l'unité, réfléchir au plan de secteur, aux raccordements, à la valorisation de l'énergie et du digestat, aux types d'intrants, etc.) et puis une étude de faisabilité (demander un permis d'environnement au minimum et parfois un permis d'urbanisme, établir un plan financier, ...).

Bref, l'ensemble des réglementations et obligations qui incombent aux porteurs de projet peuvent vraiment freiner la mise en place des projets et imposent aux volontaires un engagement costaud ! **Toutefois, la lourdeur des démarches administratives rebutterait « seulement » 1 agriculteur sur 4.**

Acceptation des riverains

A côté de la lourdeur administrative lors du lancement d'un projet, l'agriculteur peut aussi être confronté à une opposition des riverains du site. Il est pertinent de se demander sur quoi sont basées les revendications des riverains : qu'est-ce qui fait donc peur au voisinage ?

« Les odeurs, le charroi, l'impact sur les sols... (...) C'est quelque chose qui est très présent dans la presse française. Donc forcément ça finit par remonter chez nous. (...) ils ont peur qu'il y ait trop d'azote sur les sols, que le digestat soit mauvais pour les sols, qu'il détruise les sols, qu'il tue la biomasse des sols... »

Je suis en train de faire un travail à côté justement pour vérifier tous ces arguments [car] finalement la plupart des arguments ne tiennent pas ou ne sont pas fondés par des études scientifiques (...) »

Les facteurs de lourdeur administrative et d'opposition probable des riverains ont été cités près d'une fois sur 4 ; ils sembleraient qu'ils pèsent le même poids dans la tête des potentiels porteurs de projet.

Récupération du lisier/fumier

Dans le cas d'un projet d'autonomie énergétique à la ferme, les matières premières déjà disponibles sur la ferme en général sont les effluents d'élevage. Cependant, de nombreux agriculteurs sont en élevage en pâturage, du moins une partie de l'année. Or, pour pouvoir récupérer les lisiers/fumiers, les bêtes doivent nécessairement être en étable. **La biométhanisation d'effluents d'élevage n'est donc compatible qu'avec un élevage hors sol.** De là à déterminer si la stabulation entraîne un projet de biométhanisation ou l'inverse, c'est une autre question...

Temps à investir

Un projet de biométhanisation va demander beaucoup de temps surtout pour réfléchir, dimensionner, faire les démarches administratives et mettre en place l'unité. Donc, même après les phases d'initiation du projet, il faut compter facilement 6 mois pour la construction de l'unité, puis encore 3 mois pour l'ensemencement du digesteur et mettre en route la méthanisation. L'exploitation de l'unité demande aussi du temps chaque jour, mais C. Heneffe nous rappelle que des emplois peuvent être créés pour cela... Il faut néanmoins être rationnel et ne pas se lancer dans ce genre de projet quand on manque déjà de temps pour gérer son exploitation.

Fiabilité des installations

Dans le cas des « micro-biométhanisation », c'est-à-dire les petites installations en autoconsommation pour la ferme, il y a eu effectivement par le passé quelques problèmes, notamment au niveau des moteurs. C. Heneffe précise que les plus grandes installations elles fonctionnent plus ou moins bien, bien sûr selon la gestion de l'exploitant. Les problèmes occasionnés au niveau des petites unités sont dus au fait que les constructeurs ont bien souvent expérimenté directement chez les clients, ce qui a occasionné des soucis...

Compétences spécifiques requises

La maintenance et l'exploitation d'une biométhanisation nécessitent en effet quelques compétences techniques, notamment dans l'alimentation du digesteur : choix du mix d'intrants, équilibres biochimiques à respecter... Mais dans les grandes lignes, c'est assez similaire à la préparation des rations si on a un élevage. A côté de ça, il peut être utile d'être un peu mécanicien pour pouvoir gérer d'éventuels pépins au niveau des moteurs de cogénération par exemple. C. Heneffe rappelle que des formations existent pour apprendre la gestion d'une unité de biométhanisation !

Question éthique des cultures énergétiques

La question de l'utilisation des terres à des fins énergétiques a déjà été abordé précédemment. Elle fait débat dans la société. Les agriculteurs également ne cautionnent pas forcément l'utilisation de leurs parcelles pour produire de l'énergie. Cette question dépend énormément de la philosophie des agriculteurs. Certains éleveurs sont en pleine recherche d'autonomie fourragère, alimentaire, pour leur bétail, et ne se projettent donc pas dans des cultures de maïs et céréales (par exemple) pour

produire du biogaz. De manière surprenante toutefois, ce critère de question des cultures énergétiques n'apparaît pas de façon majeure parmi les facteurs cités par les agriculteurs (cité un peu moins de 10 fois parmi les 60 réponses).

Association entre agriculteurs

En Wallonie, associer les agriculteurs est quelque chose de compliqué. C. Heneffe explique que les 2-3 projets montés en coopérative en Wallonie ont demandé beaucoup d'efforts. Pourtant quand on les interroge directement, les agriculteurs se montrent *a priori* favorables aux coopératives. Au travers de l'enquête, **70% des sondés aurait plutôt tendance à vouloir s'intégrer à un projet de biométhanisation si une coopérative d'agriculteurs prenait naissance près de chez eux**. En outre, l'association en coopérative n'a pas été pointé comme facteur majeur dissuasif.

Méconnaissance de la biométhanisation

Au-delà de ces craintes et obstacles énoncés ci-dessus, la méconnaissance est prédominante : 85% des interrogés jugent que les agriculteurs ne sont pas suffisamment informés au sujet de la biométhanisation. Pourtant, la documentation existe. Des efforts supplémentaires sont donc à fournir au niveau de la diffusion de cette information par des canaux de proximité pour les agriculteurs tels que les syndicats, GAL, ou comices agricoles si l'on souhaite que les agriculteurs soient davantage informés.

7. Pistes pour un déploiement à plus grande échelle

De nombreuses pistes de réflexion ont déjà été abordées dans ce chapitre. D'abord, si l'on espère un déploiement de la biométhanisation sur le territoire wallon, **il va vraiment falloir que les agriculteurs soient suffisamment informés à ce sujet**. Aujourd'hui, l'information n'a pas encore circulé à travers l'ensemble du secteur ; la preuve : 85% des sondés jugent ne pas être suffisamment informés. Pourtant, les outils d'information existent déjà (voir les brochures réalisées par ValBiom, par exemple). **Il va donc être nécessaire de poursuivre et accélérer la diffusion de l'information**, tant par rapport aux aspects pratiques, qu'aux démarches à effectuer et aux aspects financiers.

Deuxièmement, la communication sur la biométhanisation devra montrer la diversité d'exemples qui existent déjà et insister sur l'éventail de possibilités qui s'offrent à l'agriculteur. En effet, monter un projet de biométhanisation ne veut pas forcément dire le monter seul, ni devoir se baser seulement sur ses effluents d'élevage. Un agriculteur n'ayant pas d'élevage, ou une petite exploitation, peut aussi décider de démarrer une « nouvelle activité ». **Ce qui va être essentiel c'est de raisonner le projet en fonction des opportunités locales**, tant pour l'approvisionnement en matières premières que pour la valorisation du digestat et du biogaz, que pour les ressources humaines. La proximité de l'exploitation à une industrie agro-alimentaire par exemple peut permettre un approvisionnement non négligeable en matières premières. La proximité d'un noyau d'habitat, d'un complexe sportif, d'une maison de retraite, peut permettre une valorisation assurée de l'énergie produite. De toute façon, chaque projet est unique et la diversité est toujours un atout !

L'incertitude quant à la rentabilité financière, nous l'avons vu, est le premier obstacle pointé du doigt par les agriculteurs au lancement d'un projet de biométhanisation. Le déploiement de la biométhanisation pourra donc réellement se faire lorsque suffisamment d'incitants économiques seront mis en place. Différentes options peuvent être envisagées... Tout d'abord, dans le meilleur des mondes, les produits de la biométhanisation (on parle du biogaz, ou de l'électricité et de la chaleur, et éventuellement du digestat) trouveraient directement une valorisation économique à leur juste valeur. Cependant aujourd'hui, la vente de l'électricité au réseau ne constitue pas une entrée financière suffisante ; et la chaleur est difficilement vendue. Si le projet est monté à proximité d'une entreprise avec de gros besoins en électricité et/ou chaleur, **la vente et fourniture de l'énergie en ligne directe devraient pouvoir être acceptées**. Dans le cas de la proximité d'un noyau d'habitat ou d'entreprises, **la création d'une communauté d'autoconsommation collective peut être envisagée**, comme nous l'avons discuté pour le photovoltaïque.

D'autre part, une partie du biogaz peut être récupérée avant de passer dans le moteur de cogénération et valorisée en carburant... Récemment, on entend beaucoup parler du bioCNG ! **En effet, le cadre s'est ajusté pour pouvoir permettre l'injection du biométhane en provenance d'une unité de biométhanisation sur le réseau de gaz naturel (nouvel Arrêté du Gouvernement wallon en mars 2018)**. Dès lors, quelques exploitants de biométhanisation wallons y ont vu une nouvelle opportunité et sont dans leurs « *startings blocks* ». La ferme Jonkeau à Taverneux, par exemple, a investi dans la purification/compression/odorisation du biogaz ainsi que dans une pompe afin de pouvoir **approvisionner directement des véhicules en bioCNG** (article du Sillon belge, paru le 04/10/19). Il y a encore très peu de pompes CNG en Wallonie (moins de 30 et seulement 2 au sud du Sillon Sambre et Meuse). En matière de bioCNG, une seule unité de biométhanisation injecte son biométhane à l'heure actuelle en Belgique (et c'est en Flandres !) et la seule pompe bioCNG vient d'être inaugurée à Bruxelles en décembre dernier) (Schmitt & Heneffe, 2019). D'ici peu, deux unités

wallonnes feront de même. **De petites pompes bioCNG locales verront très probablement le jour d'ici l'année prochaine.** Ces pompes pourraient alimenter les engins agricoles (les tracteurs qui roulent au CNG se développent !), une flotte de camions d'une entreprise locale, une flotte de camionnettes communales, ou encore selon ses capacités : des véhicules privés, particulièrement si la pompe est bien située dans le réseau routier.

Le développement de la filière bioCNG va cependant devoir faire l'objet de soutiens publics. En effet, le coût de production sans subsides du MWh de biométhane est aujourd'hui encore bien supérieur au prix de vente du gaz naturel : environ 4 fois plus cher (M. Schmitt, communication personnelle, 26 Novembre 2019)... Or, la baisse des coûts des projets est difficilement envisageable étant donné que seul 1/3 des coûts sont liés à l'achat et la mise en place de l'infrastructure ; les autres 2/3 sont des coûts d'exploitation, de gestion, et d'achat des matières premières. Et il n'y a pas non plus beaucoup d'économies d'échelle à réaliser. Ce qui serait très favorable pour le biogaz est bien évidemment la hausse du prix du gaz naturel... Le prix du gaz naturel en Belgique est l'un des meilleurs marchés d'Europe, et ça pose vraiment question. **La première mesure politique à prendre est donc d'augmenter le prix du gaz naturel ou de placer des incitants économiques à l'utilisation du bioCNG.** On pourrait encore imaginer qu'à la pompe, une part de gaz renouvelable soit imposée, de la même manière que pour les carburants liquides.

On a donc évoqué les moyens de trouver une meilleure valorisation économique directe des produits de la biométhanisation. D'abord pour l'électricité et la chaleur, ensuite pour le biométhane. **Le deuxième pilier est celui des aides publiques à l'investissement et des aides à la production.** Pour rappel, les aides à l'investissement possibles sont les aides « UDE » pour les PME, moyennant certaines conditions ; et les aides à la production sont les **CV et LGO**. **On peut donc aussi travailler sur ces marchés des CV et LGO** afin de soutenir le développement de la biométhanisation wallonne. Ces discussions peuvent avoir lieu entre la CWaPE et le Gouvernement wallon...

Enfin, pour pouvoir augmenter la rentabilité du projet à la ferme, autrement qu'en comptant sur des soutiens extérieurs, il faut creuser de nouvelles pistes de diversification des activités. **De nombreuses activités de diversification peuvent être créées de manière tout à fait complémentaire à un projet de biométhanisation et amener une certaine sécurisation des revenus.** La chaleur et l'énergie produites peuvent être valorisées par exemple par une production horticole sous serres, du séchage de foin en grange, un atelier de transformation du lait en fromage, un gîte à la ferme, etc. Ces nouvelles activités vont donc générer un revenu et la biométhanisation va permettre d'en réduire les charges en énergie. Lors du démarrage de nouvelles activités, l'agriculteur peut introduire une demande pour des aides spécifiques (aides ADISA par exemple). **Il faudrait veiller à ce que les soutiens accordés soient suffisants étant donné les bénéfices que ces activités peuvent apporter pour la société, l'environnement et l'économie.**

A côté des questions de rentabilité, la capacité de réaliser l'investissement freinerait également plus d'un agriculteur sur deux. Or, que le projet soit conçu sous forme de société **coopérative** à responsabilité limitée (SCRL), de société **privée** à responsabilité limitée (SPRL), ou encore d'ASBL, **l'investissement peut tout à fait être réalisé en partenariat avec plusieurs acteurs** (une commune, une intercommunale, le privé, une coopérative citoyenne, des entreprises, etc.). C'est le cas pour la plupart des gros projets de biométhanisation agricole développés en Wallonie. A Thuin, par exemple, une centrale de biométhanisation récente a été mise en place par la SPRL Walvert. A Clavier, le projet a été développé par la SCRL Ochain Énergie qui a travaillé où la coopérative citoyenne Émissions Zéro a participé à hauteur de 64% au financement. Encore un autre

exemple wallon : le Biogaz du Haut Geer est une coopérative de 32 agriculteurs, et compte également des entreprises, communes et privés parmi ses associés. Bref, **les possibilités de montages financiers sont variées... et il ne faut pas rester cadenassé à l'idée d'un investissement individuel !**

Un dernier conseil : un développement mixte et surtout **adapté au territoire** doit être promu. Monter un projet de biométhanisation c'est un projet d'envergure, ça n'est pas quelque chose à mettre en place dans toutes les exploitations, bien évidemment ! Le développement de la biométhanisation en Wallonie peut très bien passer par le développement de **quelques projets**, bien raisonnés, bien situés, en concertation avec la population, et avec des intrants locaux (dont un maximum de déchets agricoles/alimentaires/herbes), de manière à avoir un impact environnemental le plus faible possible et un maximum de retombées économiques pour la région.

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Cette étude avait pour ambition d'évaluer la pertinence et les opportunités de développement du photovoltaïque, de l'éolien (de puissance et domestique) et de la biométhanisation dans les exploitations agricoles wallonnes. Ensuite, de chiffrer l'étendue du développement actuel et d'identifier les perspectives de développement futur. Au travers des rencontres avec des agriculteurs, des experts et acteurs de terrain, la diffusion d'une enquête auprès des agriculteurs wallons, ainsi que la participation à de nombreux séminaires et visites, ces objectifs ont pu être atteints. Les conclusions et recommandations relatives aux trois filières d'énergie renouvelable développées dans cette étude sont présentées dans les paragraphes correspondants.

Photovoltaïque

La technologie photovoltaïque fait preuve aujourd'hui d'une très grande maturité et son prix d'achat est devenu très abordable. Les toits des bâtiments agricoles pourraient être davantage équipés car actuellement seul 10% à peine du « gisement de toiture » est exploité. Selon nos estimations, la production d'énergie photovoltaïque par le secteur agricole wallon pourrait théoriquement s'étendre à 850GWh/an, rien qu'en valorisant les nombreuses surfaces de toitures. Cela représente déjà 15% de la consommation électrique des ménages et aussi 25% de l'objectif de production photovoltaïque que s'est fixé la Wallonie à l'horizon 2030.

Actuellement, nous estimons que 30% des agriculteurs wallons se sont déjà équipés en panneaux PV. Un deuxième tiers environ y est favorable et envisage une installation dans le futur. Il resterait donc un tiers à convaincre, mais différents éléments entravent son développement. D'une part, les toitures agricoles mal adaptées sont identifiées une fois sur six par les agriculteurs. D'autre part, la méconnaissance des démarches à réaliser concerne un agriculteur sur trois. Le facteur constituant le premier obstacle aux yeux des agriculteurs est l'investissement. Les plus petites exploitations ont indéniablement moins de capacités d'investissement. L'étude a montré qu'elles installent moins souvent de PV. Les agriculteurs ont souvent d'autres projets à gérer. Une alternative à l'investissement personnel est celui réalisé par un tiers, comme par exemple, une coopérative citoyenne d'énergie.

En ce qui concerne la taille des installations photovoltaïques, les freins principaux sont liés au cadre tarifaire qui n'est pas adapté aux besoins des exploitations agricoles, ni à leurs possibilités de production d'énergie. En effet, cette étude a montré que la majorité des installations PV dans les fermes wallonnes se restreignent au seuil de 10kW imposé par la CWaPE, de manière à profiter du « compteur qui tourne à l'envers » et ainsi d'une valorisation économique intéressante réalisée par l'autoconsommation de l'électricité produite. Il en résulte que dans 75% des cas, les installations ne suffisent pas aux besoins électriques de l'exploitation et que, dans une ambition plus globale de verdir le mix énergétique belge, il est ridicule de n'exploiter qu'une faible proportion des toitures...

Dès lors, afin d'inciter les agriculteurs à devenir « producteurs » d'énergie, cette étude met en évidence la possibilité de les inclure dans les futurs projets de communautés d'autoconsommation collective et les multiples bénéfices qui en résultent. La mise en place de CODAC se révèle en effet positive tant pour le gestionnaire de réseau (consommation et production synchronisées) que pour ses participants, bénéficiant de tarifs préférentiels pour leur électricité. Du point de vue de l'agriculteur, la production photovoltaïque au moment où il n'en a pas besoin, est absorbée par d'autres consommateurs et lui fournit un revenu supérieur à la vente classique au fournisseur

d'électricité. Les coopératives citoyennes saisiront sans doute bientôt aussi cette nouvelle opportunité... Il en est de même pour la mise en place de serres photovoltaïques en périphérie des noyaux d'habitats.

Éolien

Cette étude démontre la pertinence de développer l'éolien de grande puissance en Wallonie, tant par rapport à son bilan en énergie qu'à son bilan carbone. Pour remplir les objectifs régionaux de 2030, la production d'énergie par le grand éolien devra plus que tripler. Les projets éoliens wallons se mettent en place dans 90% des cas en zone agricole. Les agriculteurs détiennent donc le pouvoir d'accepter ou non l'installation de mâts sur leurs parcelles. Malgré le dédommagement à la clef, tous les agriculteurs ne sont pas forcément favorables à leurs implantations, surtout que les craintes liées aux effets néfastes pour la santé animale se font de plus en plus entendre. Bien que les conséquences pour la santé n'aient pas été prouvées scientifiquement, ces inquiétudes sont légitimes et doivent pouvoir être entendues lors de la mise en place de nouveaux projets. En outre, il est important que la question des risques sanitaires soit davantage étudiée par les scientifiques.

Le bilan de l'éolien domestique est, quant à lui, très mitigé. Notre étude recense une trentaine d'installations en Wallonie et un seul installateur encore en activité. Les retours de terrain que nous avons pu obtenir ne sont pas très encourageants. D'abord, la technologie ne présente pas une rentabilité suffisante par rapport à la quantité d'énergie produite. Les aides publiques à l'investissement et la production (CV) sont clairement nécessaires pour assurer une rentabilité minimale. Ensuite, de nombreux obstacles entravent la mise en place de nouveaux projets (obtention de permis, contraintes urbanistiques, contacts avec les gestionnaires de réseau, etc.). Enfin, la fiabilité technique des installations ne semble pas encore garantie... Pour ce dernier point particulièrement, nous avons choisi de ne pas mener de réflexion sur le potentiel de développement du petit éolien et recommandons d'être prudent dans ce genre d'investissement.

Biométhanisation

Le développement de la biométhanisation en tant que traitement des déchets en Wallonie est prometteur. En plus d'apporter de nombreuses retombées économiques pour la région, la biométhanisation fournit une énergie renouvelable qui a l'avantage d'être constante, stockable, et utilisable sous différentes formes (biogaz, électricité, chaleur). Pour ces raisons, la biométhanisation pourrait jouer un rôle pivot dans la transition énergétique. Toutefois, il est nécessaire que chaque projet soit analysé au cas par cas avant implantation pour contrôler les types d'intrants et leurs origines (dont les coûts énergétiques cachés). Pour que cela tienne la route d'un point de vue environnemental, il est primordial que les nouveaux projets soient raisonnés et conçus en fonction des opportunités territoriales locales.

Actuellement, ce type de développement est encore très limité, avec seulement 29 unités agricoles en Wallonie, produisant au total moins de 100GWh/an d'énergie primaire. Or, le potentiel total de production de biogaz en Wallonie pourrait s'élever à plus 8.000GWh qui pourrait fonctionner avec 80% de matières premières d'origine agricole. Jusqu'à présent, la cogénération a été la filière de valorisation privilégiée du biogaz. Mais aujourd'hui, l'injection de biogaz épuré dans le réseau (biométhane) peut être faite en complément et contribuer au développement de la filière.

Pour les agriculteurs, l'investissement financier est le premier frein à l'installation de biométhanisation à la ferme, suivi par les incertitudes concomitantes au sujet de la rentabilité de l'investissement. Mais

cette étude a montré que les agriculteurs méconnaissent le sujet. Ils sont 85% à estimer ne pas être suffisamment informés. Avec l'injection du biométhane et la filière carburant « bioCNG », de nouvelles perspectives de rentrées financières apparaissent. Il est donc important d'informer les agriculteurs sur les nouvelles possibilités qui s'offrent à eux. En outre, la biométhanisation ouvre également la porte à de nombreuses activités complémentaires permettant de valoriser une partie de l'énergie à la ferme tout en apportant une diversification de revenus, comme la production sous serres, la production d'algues, les ateliers de transformation à la ferme, le séchage de bois, de foin, etc.

Enfin, nous recommandons davantage de soutien des pouvoirs publics pour la filière de manière à assurer la rentabilité des projets. L'électricité et le biométhane doivent pouvoir trouver une valorisation économique à leur juste valeur. Si le projet est monté à proximité d'une entreprise énergivore, la vente et fourniture de l'électricité en ligne directe devraient pouvoir être favorisées. Dans le cas de proximité avec un noyau d'habitat ou d'entreprises, la création d'une communauté d'autoconsommation collective peut être envisagée. Pour le biométhane, la concurrence est rude avec le prix du gaz naturel et une réflexion politique doit être menée sur ce sujet. Assurer la rentabilité de la biométhanisation, c'est encourager des projets vertueux pour la société, l'économie régionale et l'environnement.

Conclusions et recommandations générales

La production d'énergie renouvelable dans le secteur agricole doit être encouragée car elle peut non seulement permettre aux exploitations agricoles de gagner en indépendance énergétique, mais aussi de fournir de l'énergie pour les autres secteurs d'activités économiques. Les agriculteurs peuvent donc jouer un rôle important dans la poursuite de nos objectifs en matière de climat et d'énergie. La production d'énergie peut donc devenir une nouvelle activité en complément de l'agriculture traditionnelle et, si elle est bien encouragée, donner du regain à un secteur actuellement en difficulté.

Indépendamment des agriculteurs, de gros obstacles persistent toujours dans la capacité du réseau d'électricité public à gérer les productions d'énergies décentralisées, et intermittentes. La chute des coûts des technologies de stockage d'énergie constitue un enjeu d'avenir énorme. Et dès que le stockage d'énergie sera devenu rentable, les énergies renouvelables connaîtront un déploiement d'envergure certain. En attendant, la conception de nouveaux modèles de gestion intégrée d'énergie telle l'autoconsommation collective ouvre de nouvelles perspectives. Il faudra donc veiller à ce que les projets pilotes soient conçus intelligemment et de manière à être intégrés facilement au sein de la collectivité pour qu'ils puissent servir d'exemple.

BIBLIOGRAPHIE

- ADEME, I Care & Consult, Blézat Consulting, CERFrance et CEREOPA. (2018). *Agriculture et énergies renouvelables : contributions et opportunités pour les exploitations agricoles*. Consulté à l'adresse <https://www.ademe.fr/agriculture-energies-renouvelables>
- Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail. (2010). *Les extrêmement basses fréquences : effets sanitaires des champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences*. Consulté à l'adresse <https://www.anses.fr/fr/system/files/AP2008et0006Ra.pdf>
- APERe. (s. d.-a). *Des éoliennes en Région Wallonne* (Région Wallonne). Consulté à l'adresse <https://energie.wallonie.be/servlet/Repository/des-eoliennes-en-region-wallonne.PDF?IDR=1013>
- APERe. (s. d.-b). *Le développement éolien en Wallonie* (Éditions SPW). Consulté à l'adresse <https://energie.wallonie.be/servlet/Repository/brochure-eolien-web.pdf?ID=29639>
- APERe. (s. d.-c). *Solaire photovoltaïque: systèmes de conversion*. Consulté le 30 décembre 2019, à l'adresse <https://www.apere.org/fr/solaire-photovoltaique>
- APERe. (2017). *Méthodologie d'estimation de potentiel technique des différentes filières renouvelables*. Consulté à l'adresse http://lampspw.wallonie.be/dgo4/conventiondesmaires/assets/images/content/page/outils/20170907_M%C3%A9thodo_potentiel_ER.pdf
- APERe. (2019a). *Rumeurs et réalités sur l'éolien*. Consulté à l'adresse https://www.apere.org/sites/default/files/Rumeurs%20et%20R%C3%A9alit%C3%A9s%20sur%20l%27%C3%A9olien%20%283%29_0.pdf
- APERe. (2019b, juillet 01). *Observatoire éolien*. Consulté le 28 décembre 2019, à l'adresse <https://www.apere.org/fr/observatoire-eolien>
- APERe. (2019c, décembre 10). *Observatoire photovoltaïque*. Consulté le 28 décembre 2019, à l'adresse <http://www.apere.org/fr/observatoire-photovoltaique>
- Avec le comice agricole de Soignies: à la découverte des énergies renouvelables en agriculture. (2019, octobre 4). *Le Sillon belge*. Consulté à l'adresse <https://www.sillonbelge.be/4928/article/2019-10-04/avec-le-comice-agricole-de-soignies-la-decouverte-des-energies-renouvelables-en>
- AWAC. (2019). *Inventaire d'émission de Gaz à effet de serre (GES) - 2019*. Consulté le 27 décembre 2019, à l'adresse <https://www.climat.be/fr-be/changements-climatiques/en-belgique/emissions-belges/emissions-par-secteur>
- Baldino, C., Pavlenko, N., Searle, S., & Christensen, A. (2018). *The potential for low-carbon renewable methane in heating, power, and transport in the European Union* (The International Council on Clean Transportation). Consulté à l'adresse https://theicct.org/sites/default/files/publications/Renewable_Gas_EU-28_20181016.pdf
- Bonou, A., Laurent, A., & Olsen, S. I. (2016). Life cycle assessment of onshore and offshore wind energy - from theory to application. *Applied Energy*, 180, 327-337. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.07.058>
- Cantoreggi, N., Christie, D. P. T. H., Forbat, J., & Simos, J. (2019). Wind turbines and health: a review with suggested recommendations. *Environnement, Risques & Santé*. <https://doi.org/10.1684/ers.2019.1281>

Choisir un suiveur solaire. (2010, août 9) [Photo]. Consulté le 28 décembre 2019, à l'adresse <https://energieplus-lesite.be/concevoir/photovoltaique/choisir-un-suiveur-solaire/>

Cleveland, C. J., Endres, P. K., & Kubiszewski, I. (2010). Meta-analysis of net energy return for wind power systems. *Renewable Energy*, 35(1), 218-225. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2009.01.012>

Compagnons d'Eole, APERe, Vent d'Houyet, & E.R.B.E. (2012). *Vade-mecum pour l'implantation d'éoliennes de faible puissance en Wallonie* (pour le SPW (DGO4)). Consulté à l'adresse <https://energie.wallonie.be/servlet/Repository/vade-mecum-2011.pdf?IDR=20777>

Confédération des betteraviers belges asbl. (s. d.). *Rapport d'activités 2016-2017*. Consulté à l'adresse <http://www.cbb.be/Rapport%20d'activites%202016.pdf>

Considérer l'aspect économique de l'installation d'une éolienne. (2010, juin 9). Consulté le 30 décembre 2019, à l'adresse <https://energieplus-lesite.be/concevoir/eolien/considerer-l-aspect-economique-de-l-installation-d-une-eolienne/>

Corhay, J. (2016). *Analyse des soutiens à la production d'énergie renouvelable en Wallonie via les filières photovoltaïques et éoliennes* (Mémoire). Consulté à l'adresse https://matheo.uliege.be/bitstream/2268.2/1255/4/M%c3%a9moire_J%c3%a9r%c3%a9myCorhay_SO92567.pdf

Counasse, X. (2018, septembre 10). Éolienne: des terrains qui valent de l'or. *Le Soir* +. Consulté à l'adresse <https://plus.lesoir.be/177491/article/2018-09-10/eolienne-des-terrains-qui-valent-de-lor>

CRA-W. (2019). L'agriculture et les GES. Consulté le 27 décembre 2019, à l'adresse <http://decide.cra.wallonie.be/fr/about>

CWaPE. (2007). *Rapport annuel spécifique 2006 sur « l'évolution du marché des certificats verts »* (CD-7i04-CWaPE). Consulté à l'adresse <https://www.cwape.be/docs/?doc=111>

CWaPE. (2019, novembre 22). Communication: FAQ-Tarif Prosumer [Communication officielle]. Consulté à l'adresse <https://www.cwape.be/?dir=7.9>

Demander une prime à l'investissement (PME ou Grande Entreprise). (s. d.). Consulté le 30 décembre 2019, à l'adresse <https://www.wallonie.be/fr/demarches/demander-une-prime-linvestissement-pme-ou-grande-entreprise>

Éolien: la poule aux œufs d'or pour les propriétaires agricoles? (2013, octobre 28). *L'Avenir.net*. Consulté à l'adresse https://www.lavenir.net/cnt/dmf20131001_00368688

European Biogas Association. (2018). EBA Statistical Report 2018. Consulté à l'adresse https://www.europeanbiogas.eu/wp-content/uploads/2019/11/EBA_report2018_abridged_A4_vers12_220519_RZweb.pdf

Fairwind, leader belge du petit éolien vertical. (s. d.). Consulté le 27 décembre 2019, à l'adresse <https://www.fw4sea.com/>

Fondation Rurale de Wallonie. (2001). *Conseils pour l'intégration paysagère des bâtiments agricoles*. Consulté à l'adresse http://lampspw.wallonie.be/dgo4/tinymvc/myfiles/views/documents/publications/horscollections/integration_paysagere_FR.pdf

- GIEC. (2011). *Sources d'énergie renouvelable et atténuation du changement climatique: résumé à l'intention des décideurs et résumé technique* (Rapport du groupe de travail III du GIEC), p.19. Consulté à l'adresse https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/srren_report_fr-1.pdf
- Gouvernement wallon. (2019, avril 30). Décret, modifiant les décrets des 12 avril 2001 relatif à l'organisation du marché régional de l'électricité, du 19 décembre 2002 relatif à l'organisation du marché régional du gaz et du 19 janvier 2017 relatif à la méthodologie tarifaire applicable aux gestionnaires de réseau de distribution de gaz et d'électricité en vue de favoriser le développement des communautés d'énergie renouvelable. Consulté le 28 janvier 2019, à l'adresse http://nautilus.parlement-wallon.be/Archives/2018_2019/PARCHEMIN/1336.pdf
- Green Gas Platform. (2019). *Biogas is ready, are you? : Pourquoi le biogaz est essentiel dans une société bas carbone*. Consulté à l'adresse <https://monprojet.labiomasseenwallonie.be/download/file/fid/2834>
- Haveaux, C. (2019, septembre 9). Le photovoltaïque toujours plus compétitif. *Renouvelle*. Consulté à l'adresse <http://www.renouvelle.be/fr/actualite-internationale/le-photovoltaïque-toujours-plus-compétitif>
- Haveaux, C., D'hernoncourt, J., & Leloux, J. (2018, novembre 14). Petit éolien, grand soucis. *Renouvelle*. Consulté à l'adresse <https://www.renouvelle.be/fr/technologies/petit-eolien-grands-soucis>
- Haveaux, C., Wilkin, B., & Leloux, J. (2019, mars 21). Le photovoltaïque reste rentable en Wallonie même avec le tarif prosumer. *Renouvelle*. Consulté à l'adresse <https://www.renouvelle.be/fr/actualite-belgique/le-photovoltaïque-reste-rentable-en-wallonie-meme-avec-le-tarif-prosumer>
- Heneffe, C. (2018). *Panorama de la filière biométhanisation en Wallonie* (ValBiom). Consulté à l'adresse <https://monprojet.labiomasseenwallonie.be/download/file/fid/2446>
- Heneffe, C. (2019). *Guide pratique de la conception à la gestion de son unité de biométhanisation* (ValBiom). Consulté à l'adresse <https://monprojet.labiomasseenwallonie.be/download/file/fid/2776>
- IEW. (2018). *Avis d'IEW relatif au projet de centrale biogaz de Leuze en Hainaut*. Consulté à l'adresse <https://www.iew.be/wp-content/uploads/2019/03/180625IEW-avis-sibiom.docx.pdf>
- Importance de l'orientation et des types de structures. (s. d.). Consulté le 30 décembre 2019, à l'adresse <http://www.ef4.be/fr/pv/composants-dun-systeme/orientation-structure.html>
- Installer un système photovoltaïque : aspects pratiques. (2019, avril 25). Consulté le 28 décembre 2019, à l'adresse <https://energie.wallonie.be/fr/installer-un-systeme-photovoltaïque-aspects-pratiques.html?IDC=6185&IDD=11709>
- Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement. (2010). *Fiche 4.2 : La compatibilité entre les panneaux solaires et la conception des toitures vertes*. Consulté à l'adresse http://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/IF_RT_BATEX_Fiche4.2._Toitures_FR.pdf
- IRENA. (2019). *Renewable Power Generation Costs in 2018* (International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi). Consulté à l'adresse https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/May/IRENA_Renewable-Power-Generations-Costs-in-2018.pdf
- Iweps. (2019). *Indicateurs statistiques [Ensemble de données]*. Consulté le 27 décembre 2019, à l'adresse <https://www.iweps.be/indicateur-statistique/>

Le phénomène NIMBY. (s. d.). Consulté le 30 décembre 2019, à l'adresse http://environnement.wallonie.be/cgi/dgrne/nimby/nimby/pheno_nimby.asp

Neubourg, G. (2018, février 8). Le photovoltaïque belge en 2017 : 264 MWc installés, relance confirmée. *Renouvelle*. Consulté à l'adresse <http://www.renouvelle.be/fr/statistiques/le-photovoltaïque-belge-en-2017-264-mwc-installes-relance-confirmee>

Photovoltaïque.info - Champs électromagnétiques. (s. d.). Consulté le 27 décembre 2019, à l'adresse https://www.photovoltaïque.info/fr/info-ou-intox-todo/champs-electromagnetiques/#ordres_de_grandeur_et_limites_dexposition

Photovoltaïque.info - Démontage et recyclage des installations photovoltaïques. (s. d.). Consulté le 30 décembre 2019, à l'adresse https://www.photovoltaïque.info/fr/exploiter-une-installation/exploitation-technique/demontage-et-recyclage-des-installations-photovoltaïques/#article_panel_53389

Plan Wallon Énergie-Climat 2030. (2018). Consulté à l'adresse <https://economie.fgov.be/fr/file/7948/download?token=oEcG0WmY>

Rapin, M., & Leconte, P. (2017). Éoliennes - Évolution, principes de base et potentiel de conversion. *Mécanique | Machines hydrauliques, aérodynamiques et thermiques*.

Schmitt, M. (2019). *Quelle place pour le biométhane en Belgique?* (ValBiom). Consulté à l'adresse <https://monprojet.labiomasseenwallonie.be/download/file/fid/3222>

Schmitt, M., & Heneffe, C. (2019, décembre 17). Une première pompe de « bioCNG » à Bruxelles ! *ValBiomag*. Consulté à l'adresse <https://valbiomag.labiomasseenwallonie.be/news/une-premiere-pompe-de-biocng-bruxelles>

Spezzani, L. (2016). *Cadastre de la biomasse wallonne valorisable énergétiquement - 2015* (ValBiom). Consulté à l'adresse http://valbiom.be/files/library/Docs/Biomasse/170111_CadastreBiomasse_ValBiom.pdf

SPW Agriculture. (2019). L'agriculture wallonne en chiffres - 2019. Consulté à l'adresse <https://agriculture.wallonie.be/agriculture-wallonne-en-chiffres>

SPW Énergie. (s. d.). Audits et études énergétiques (AMURE). Consulté le 27 décembre 2019, à l'adresse <https://energie.wallonie.be/fr/audits-et-etudes-amure.html?IDC=6374>

SPW. (2017, août). Grand photovoltaïque: Prête-moi ton toit, je te donnerai des kWc moins chers. *REactif- Le point énergie de la Wallonie pour les professionnels et les décideurs*, (87). Consulté à l'adresse <https://energie.wallonie.be/servlet/Repository/reactif-n-87?IDR=39727>

Statbel. (2017). Exploitations agricoles et horticoles - Plus de chiffres | Statbel [Ensemble de données]. Consulté le 28 décembre 2019, à l'adresse <https://statbel.fgov.be/fr/themes/agriculture-peche/exploitations-agricoles-et-horticoles/plus>

Tsachidou, B., Scheuren, M., Gennen, J., Debbaut, V., Toussaint, B., Hissler, C., ... Delfosse, P. (2019). Biogas residues in substitution for chemical fertilizers: A comparative study on a grassland in the Walloon Region. *Science of The Total Environment*, 666, 212-225. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.238>

WalStat - le portail d'informations statistiques locales sur la Wallonie. (2019). Catalogue des indicateurs : Part de terrains occupés par des bâtiments agricoles. Consulté le 27 décembre 2019, à l'adresse <https://walstat.iweeps.be/walstat->

catalogue.php?niveau_agre=C&theme_id=1&indicateur_id=215700&sel_niveau_catalogue=T&ordre=5

- Wanaverbecq, C., Garcia, C., & Dejeu, M. (2017, octobre 26). Mallemort expérimente un nouveau type de serre photovoltaïque [Photo]. Consulté le 29 décembre 2019, à l'adresse <https://www.lemoniteur.fr/article/mallemort-experimente-un-nouveau-type-de-serre-photovoltaïque.958454>
- Wilkin, B. (2017, janvier 11). Le photovoltaïque a déjà remboursé sa dette énergétique. *Renouvelle*. Consulté le 28 décembre 2019, à l'adresse <http://renouvelle.be/fr/technologies/le-photovoltaïque-a-deja-rembourse-sa-dette-energetique>
- Wilkin, B. (2019, mars 1). Le photovoltaïque en 2018: Marché relancé, production record. *Renouvelle*. Consulté à l'adresse <https://www.renouvelle.be/fr/statistiques/le-photovoltaïque-en-2018-marche-relance-production-record>
- Yue, D., You, F., & Darling, S. B. (2014). Domestic and overseas manufacturing scenarios of silicon-based photovoltaics: Life cycle energy and environmental comparative analysis. *Solar Energy*, 105, 669-678. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2014.04.008>