

Octobre 2014

Valorisation énergétique des cultures intermédiaires et coproduits agricoles

Convention : BioMaSER

Livia Spezzani

La valeur ajoutée, tant économique qu'environnementale, visée par ValBiom repose essentiellement sur son positionnement indépendant, sa rigueur scientifique et sur son approche intégrée des filières de valorisation non-alimentaire de la biomasse

Date d'édition	19 12 2014
Version	2
Auteur	Livia Spezzani
Comité de relecture	27 10 2014
Convention	BioMaSER
Thématique	Biométhanisation



INTRODUCTION	4
1 Définitions	4
2 Méthodologie	5
CULTURES INTERMEDIAIRES	6
1 Freins généraux à l'implantation de CIVEs en Wallonie	6
1.1 Terres disponibles et conditions météorologiques	6
1.2 Contraintes afférentes au PGDA	7
1.3 Charge de travail	9
1.4 Rentabilité économique et masse critique à produire	10
1.5 Surfaces d'Intérêt Ecologique de la PAC	11
2 Espèces potentielles pour la Wallonie	12
3 Conclusion sur les cultures intermédiaires	16
COPRODUITS AGRICOLES	17
1 Effluents d'élevage	19
1.1 Bovins	19
1.2 Porcs	21
1.3 Poules	21
2 Paille	22
3 Menue paille	23
4 Issues de céréales	25
5 Résidus de maïs grain	26
6 Feuilles de betteraves et de pommes de terre	27
7 Herbe	29
8 Conclusion sur les coproduits agricoles	31
REFERENCES	35
CONTACT	36



INTRODUCTION

Ce document rapporte les conclusions de l'étude du projet VECICO – *Valorisation Énergétique des Cultures Intermédiaires et Coproduits agricoles* – porté par l'asbl ValBiom en 2012 sous sa convention FARR-Wal et repris en 2014 sous sa convention BioMaSER.

Pour rappel, partant du constat que ces matières étaient souvent non exploitées, le projet VECICO a pour objectif d'évaluer le potentiel en valorisation énergétique des cultures intermédiaires (CI) et des coproduits agricoles (CO) disponibles sur le territoire wallon.

L'intérêt de cette étude prospective est multiple car il permet d'identifier de nouvelles ressources qui permettent à la fois d'optimiser les pratiques culturales, de dynamiser l'économie grâce au développement de nouvelles filières ou pratiques culturales, et de favoriser l'indépendance énergétique wallonne, sans entrer en concurrence avec les productions alimentaires.

Cette étude fait un **bilan des connaissances** sur la thématique pour juger de la faisabilité et de la pertinence de l'implantation de cultures intermédiaires à vocation énergétique et la valorisation énergétique de coproduits agricoles en Wallonie.

En outre, elle permet surtout d'identifier les freins à de tels projets ainsi que les informations manquantes pour réaliser une évaluation complète du potentiel de chaque matière intéressante. Ainsi, elle devrait permettre d'orienter et d'assurer la pertinence d'éventuelles actions futures pour la valorisation énergétique des CI et CO, *principalement en biométhanisation*.

Sur base de cette étude, on sélectionnera les matières intéressantes pour lesquelles il mérite d'approfondir les recherches, voire de lancer des essais. Un focus devra être mis sur l'aspect technico-économique de la disponibilité des ressources.

1 | Définitions

Une **culture intermédiaire (CI)** est définie comme une culture implantée durant le temps disponible entre deux cultures principales. Son implantation répond à des besoins divers pouvant être complémentaires tels que : le maintien d'une couverture du sol, l'amélioration de la structure du sol, l'amendement, ou la protection contre le lessivage des nitrates. Récoltée ou non, la CI est une culture secondaire dont le rendement est un objectif secondaire car elle servira le plus souvent de cipan ou d'appoint fourrager. A titre d'exemple, on citera la moutarde, la phacélie, le ray-grass, l'avoine, etc.

Remarque : dans ce document, les cipan, soit les CI *pièges à nitrates*, seront considérées comme automatiquement détruites par opposition aux CIVEs, soit les CI à *vocation énergétique*, qui ont aussi un potentiel de piégeage des nitrates mais qui sont cultivées pour être exportées et exploitées à des fins énergétiques. En référence au nom du projet VECICO, le terme culture intermédiaire ou CI employé dans le texte, sauf si spécifié autrement, désigne les cultures intermédiaires à vocation énergétique au même titre que le terme CIVEs.

Un sous-produit ou **coproduit agricole (CO)** est un produit complémentaire ou dérivé issu de la production, de la récolte, ou de la transformation d'une culture principale. Certains coproduits comme la paille (issue de céréales) ou la mélasse (issue de betteraves) sont déjà largement valorisés et utilisés. D'autres, comme les feuilles de betteraves et de pommes-de-terre, ne le sont pas pour des raisons



diverses méritant d'être caractérisées (ils sont alors dénommés *sous-produits* selon le terme exact). Dans ce document, tout produit dérivé de la production principale sera nommé et considéré comme coproduit.

La vocation du projet VECICO étant la valorisation de ressources encore non ou peu exploitées en Wallonie, les CI et CO qui font partie d'une filière déjà développée seront écartés. Par contre, si ces derniers devaient devenir impropres à leur utilisation première, alors leur valorisation énergétique serait envisagée.

2 | Méthodologie

Ce document fait l'objet d'un **état des lieux sur les connaissances vis-à-vis du potentiel de valorisation énergétique de cultures intermédiaires ou dérobées et de coproduits agricoles**. Pour réaliser cet état des lieux, divers acteurs de terrain de tous horizons ont été consultés afin de bénéficier de leurs connaissances théoriques et pratiques sur les filières actuellement en place, les flux de matière existants, les potentiels et freins existants, ou encore l'impact environnemental de la mobilisation de ces types de biomasse.

La méthodologie adoptée ici a privilégié la collecte de données directement auprès des acteurs des filières concernées, faute de documentation officielle sur l'état actuel des productions et échanges de CI et CO. Les flux présentés dans ce document reposent donc, pour une bonne partie, sur des estimations à dire d'experts, à défaut de données officielles. Une dizaine d'interviews ont été réalisées ainsi que de nombreux contacts téléphoniques. Enfin, des documents sont venus appuyer et compléter les informations acquises lors des interviews. Etant donné le faible développement actuel de la filière biomasse des CI en Wallonie, des rapports d'essais du Nord de la France ont été consultés afin de se rapprocher de nos conditions agro-climatiques et de pouvoir au mieux estimer les potentialités wallonnes.

Ce document est composé de **deux chapitres principaux**. Le premier est consacré aux **cultures intermédiaires** et le second à la **disponibilité des différents coproduits agricoles** que l'on trouve en Wallonie. Dans ces deux chapitres, le potentiel énergétique est évalué. Etant donné la nature humide des CI et CO, le mode privilégié de valorisation considéré est la biométhanisation. La combustion n'est prise en compte que pour les coproduits à haute teneur en matière sèche comme les pailles, la menue paille et les issues de céréales.

En ce qui concerne les **CI**, deux niveaux d'informations ont été récoltés. D'une part, les conditions générales d'implantation de **CI à vocation énergétique (CIVEs)** ont été posées. Il en ressort directement une marge de manœuvre relativement étroite avec une liste de freins plus ou moins réversibles qui méritent d'être discutés. D'autre part, une liste de critères a été remplie pour une série de différentes espèces ou variétés de plantes implantables comme CI. Sur base des conclusions et du cadre restreint identifié, ces plantes ont donc été jugées aptes ou non à être implantées chez nous moyennant divers compléments d'informations.

En ce qui concerne les **CO**, chaque type est discuté un par un, avec une estimation du volume mobilisable en Wallonie et par province, si possible. Le volume mobilisable estimé tient compte de l'état des filières actuelles et du besoin de maintien de carbone dans les sols, au niveau wallon.

Un tableau final reprend les potentiels de valorisation énergétique (biométhanisation ou combustion) de chaque CO.

Les chapitres suivants font directement état des conclusions tirées des recherches préliminaires.



Cultures intermédiaires

Ce chapitre présente les freins généraux à l'implantation de CIVEs avant de présenter les espèces car, étant donné la diversité de plantes qui peuvent être utilisées pour produire un maximum de biomasse en peu de temps selon différents contextes pédoclimatiques, il a été jugé plus pertinent d'identifier d'abord les facteurs qui limitent la liste d'espèces implantables en Wallonie pour ne considérer que les plus prometteuses.

Deux types de CIVEs existent ; les CIVEs d'été et les CIVEs d'hiver. Les premières sont celles qui sont semées en été et récoltées à l'automne. Les secondes sont celles qui sont semées en été, peut-être plus tard que les premières, et récoltées au printemps, généralement avant un maïs.

1 | Freins généraux à l'implantation de CIVEs en Wallonie

1.1 Terres disponibles et conditions météorologiques

Dans une démarche de production d'énergie, il est important de maximiser la production de biomasse à la fois pour en produire le plus possible en quantité, et pour assurer la rentabilité économique de la mise en place d'une culture supplémentaire. Ainsi, les cultures intermédiaires de type CIVE, contrairement aux cipans¹, doivent être implantées au plus tôt durant l'été afin de profiter des sommes de températures et de l'ensoleillement encore importants.

Au vu des essais réalisés en Picardie et en Wallonie sur des CIVEs d'été, on considère que le temps d'interculture doit être au **minimum de 80 jours** pour obtenir de bons rendements de biomasse lors d'une récolte entre la mi-octobre (dégagement de la parcelle pour le froment) et la mi-novembre (date limite à partir de laquelle la plupart des couverts végétaux peuvent être récoltés ou détruits selon le PGDA). Pour les CIVEs d'hiver, le temps d'interculture est plus long et permet donc de semer plus tard que les CIVEs d'été. Toutefois, au plus tôt au mieux car les mois d'automne et d'hiver ne permettent pas une croissance importante.

On conseillera les années favorables, pour maximiser les chances de réussite, de semer les CIVEs après une culture de pois ou d'escourgeon, soit en tenant compte du délai requis entre récolte et semis pour la gestion des adventices et la préparation du sol, avant le 20 juillet pour les CIVEs d'été et éventuellement plus tard pour les CIVEs d'hiver.

Les dates de récoltes du pois et de l'escourgeon varient d'une année à l'autre en fonction des conditions météorologiques lors de l'implantation de la culture (avance ou retard de semis), durant la période de croissance (influence sur le développement et stade de maturité), et bien sûr au moment de la récolte. Ainsi, en ce qui concerne les pois, la récolte peut être effectuée de la mi-juin à la fin août, et plus généralement entre le 25 juin et le 15 août (Jérôme Breton, communication personnelle). De plus, les années où le pois peut être récolté avant la mi-juillet, les agriculteurs peuvent préférer semer un haricot. En ce qui concerne l'escourgeon, la moisson est généralement effectuée durant la troisième semaine de juillet mais elle peut, en fonction des années, être effectuée début ou fin juillet voire même début août. Le côté aléatoire des dates de récolte en fonction de l'année s'est d'ailleurs bien illustré cette année 2014 où

¹ Les cipans ont pour but de piéger les nitrates pour ensuite être détruites afin de restituer les éléments qu'elles ont captés durant leur croissance. Puisqu'elles doivent être détruites et incorporées au sol (en agriculture traditionnelle), la production de biomasse en quantité n'est pas importante voire pénalisante. C'est pour cela qu'une CIVE ou une CIPAN, bien qu'étant toutes deux des cultures intermédiaires qui empêchent le lessivage de l'azote, n'ont pas les mêmes objectifs et doivent donc être distinguées l'une de l'autre.



les conditions printanières et de début d'été laissaient présager des rendements exceptionnels ainsi qu'une récolte très précoce, mais où finalement, les conditions fortement pluvieuses de juillet-août ont complètement retardé cette récolte.

La composante météorologique, de par son côté aléatoire et non contrôlé, est donc très importante à prendre en compte et conditionne la possibilité de semer ou non une CIVE en Wallonie.

Si les conditions sont bonnes et que la CIVE peut être semée avant le 20 juillet, les terres disponibles sont de l'ordre de :

- **1.000 ha post pois** car, sur les 6.000 ha wallons de pois, 3.000 ha seront utilisés pour la culture de haricot, environ 500 ha pour la production de fourrage (variable en fonction de la quantité de fourrage obtenue en cultures principales) et enfin, 2.000 à 2.500 ha seront récoltés trop tard que pour pouvoir semer la CIVE avant le 20 juillet.
- **10.000 ha post escourgeon** (sur les 30.000 ha emblavés).

Pour les CIVEs d'hiver qui peuvent être implantées plus tard comme un ray-grass et une céréale (d'hiver) pure ou en mélange avec une légumineuse, les terres disponibles sont potentiellement plus importantes.

Les terres disponibles seraient donc plus importantes mais tout de même limitées à **63.000 ha théoriques** car, des 130.000 ha post froment d'hiver plus 34.000 ha post pois/escourgeon, on ne peut garder que les surfaces emblavées avec du maïs fourrager ou du maïs grain. En pratique, ce seraient moins de 63.000 ha disponibles vu que la CIVE d'hiver implique un semis plus tardif du maïs. D'une part cela n'est pas possible dans toutes les régions, et d'autre part, tous les agriculteurs ne sont pas prêts à faire le choix d'un semis tardif car cela engendre un risque pour la réussite de la culture principale suivant, encore aggravé par un risque d'assèchement du sol par la CIVE précédente.

1.2 Contraintes afférentes au PGDA

Le Programme de Gestion Durable de l'Azote (PGDA) impose une couverture du sol durant l'interculture de fin d'été selon trois modalités :

- Partout, c'est-à-dire en zone non vulnérable comme en zone vulnérable, un couvert doit être en place du 15 septembre au 15 novembre SI un apport de matière organique a été fait entre le premier juillet et le 15 septembre.
- En zone vulnérable, sur 90 % des terres récoltées avant le 1 septembre, un couvert doit être en place du 15 septembre au 15 novembre si l'interculture dure, au moins, du premier septembre au premier janvier.
- En zone vulnérable, un couvert doit être en place entre une culture de légumineuse et un froment, du premier septembre au premier octobre.

Ainsi, une CIVE ne peut être récoltée avant le 15 novembre que si elle est suivie d'un froment ou si l'on se trouve en zone non vulnérable et qu'aucune fumure n'a été apportée durant l'été.

Au vu des cartes d'emblavement en escourgeon et de vulnérabilité aux nitrates (figures 1 et 2), on remarque que l'escourgeon est principalement produit dans les zones agricoles Région limoneuse, Région sablo-limoneuse, et Condroz ; précisément les zones considérées comme vulnérables.

Selon le règlement actuel de la Région wallonne, les CIVEs d'été ne pourront donc être principalement semées qu'entre un pois ou un escourgeon, et un froment. Pour les CIVEs dites d'hiver, c'est-à-dire celles qui seront récoltées avant une culture de printemps comme le maïs, le règlement du PGDA ne pose pas de contrainte supplémentaire.



Remarque : la récolte de CIVEs d'été après le 15 novembre est contraignante car leur qualité risque de décliner (dégradation par le gel, sénescence, ...) en fonction des conditions météorologiques plus défavorables de fin d'automne, et car les risques d'endommager le sol augmentent.

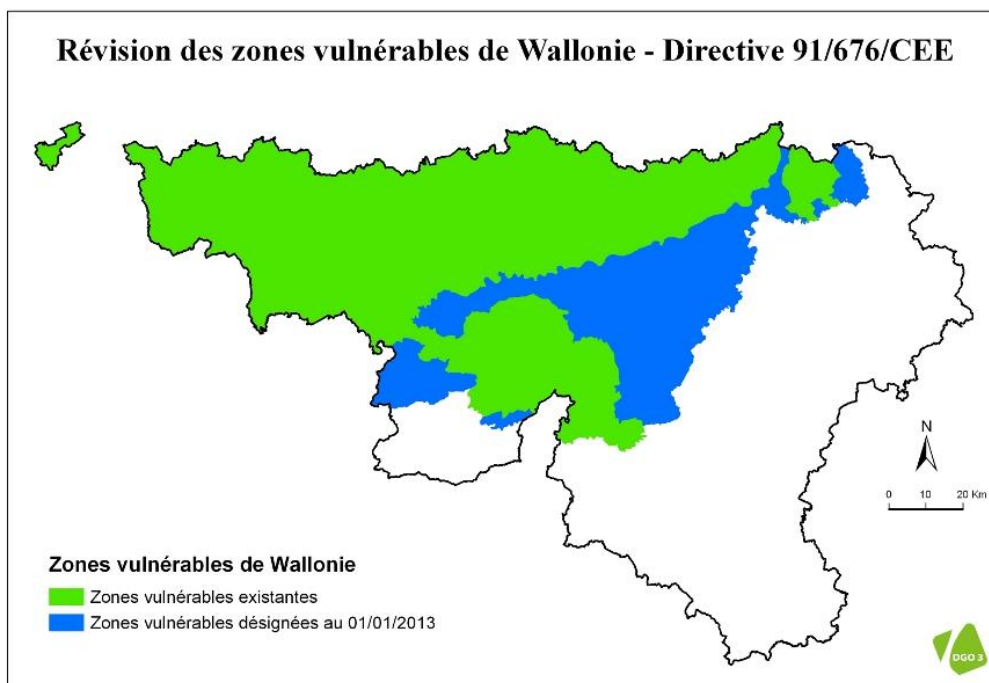


Figure 1: Délimitation de la zone vulnérable aux nitrates en Wallonie (DGO3, 2013).

Aussi, il est important de noter qu'à l'heure actuelle, l'azote apporté par le digestat est considéré comme exclusivement organique dans le PGDA alors qu'en réalité, la majeure partie de l'azote est sous forme minéralisée. Cela a son importance dans la mesure où, dans l'état actuel des choses, les CIVEs fertilisées avec du digestat ne pourraient être récoltées qu'après le 15 novembre puisque le digestat est considéré comme fumure organique et non minérale. Or, la récolte après le 15 novembre devient problématique. D'autre part, cette considération du PGDA limite le retour possible de digestat au sol, pour une CIVE ou une autre culture, car un digestat « organique » gonfle le taux de liaison au sol contrairement à un digestat « minéral ».

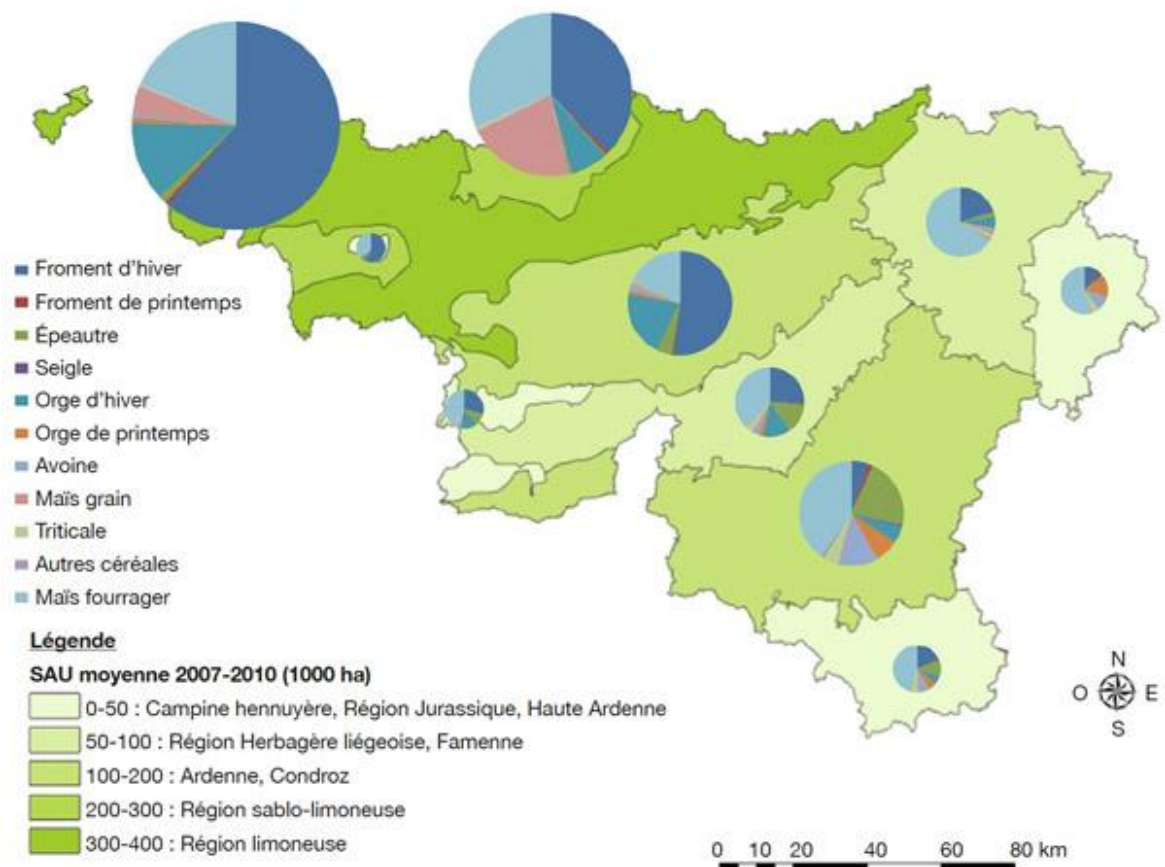


Figure 3. Superficie agricole utile (SAU) en Wallonie (moyenne sur les années 2007 à 2010) et répartition des surfaces céréalières (maïs fourrager compris) selon les zones agricoles wallonnes — *Used agricultural area (UAA) in Wallonia (average value from 2007 to 2010) and distribution of cereal areas (forage maize included) according to dedicated Walloon agricultural zones (DGSIE, 2011).*

Figure 2: SAU dédiée à la production d'escourgeon (orge d'hiver) dans les différentes zones agricoles wallonnes (CRA-w, 2013).

1.3 Charge de travail

La CIVE, bien que dérobée, est une culture à part entière qu'il convient de réaliser proprement afin de garantir son rendement. En effet, le but des CIVEs est de produire un maximum de biomasse et elles doivent donc être semées sur un sol désherbé, bien travaillé, amendé et fertilisé. Le temps et les coûts afférents à ces tâches ne sont donc pas à négliger ; d'autant plus que, contrairement aux cipans pour lesquelles un simple labour suffit à leur destruction, les CIVEs doivent être récoltées et stockées sous forme d'enrubané ou d'ensilage, ce qui augmente encore davantage les charges de travail et les coûts.

Dans les simulations du projet picard Optabiom (Optabiom, 2011), il est estimé que les CIVEs engendrent une surcharge de travail égale à 1,9 à 2,9 heures par hectare après céréales, et de 2,6 à 3,1 h/ha après pois. Les variations de temps dépendant entre autre du besoin de pratiquer un désherbage (plupart des cultures pures) ou d'appliquer un insecticide (colza fourrager).

En outre, les périodes auxquelles sont semées et récoltées les CIVEs (d'été) correspondent respectivement à la période des moissons et à la période des récoltes de betteraves et de maïs, et de



semis du froment. D'une part les agriculteurs sont donc préoccupés par d'autres cultures principales, et d'autre part, les entreprises agricoles qui possèdent le matériel nécessaire à l'implantation ou la récolte des CIVEs ne sont pas forcément disponibles. Les CIVEs d'hiver récoltées au printemps (comme le ray-grass avant maïs) semblent poser moins de problèmes vis-à-vis de l'encombrement et des conditions de pénétration au champ (mais elles risquent d'assécher les terres).

1.4 Rentabilité économique et masse critique à produire

Choisir d'implanter ou non une CIVE dépend bien sûr de la rentabilité économique ; de la culture si elle est destinée à la vente, et de l'unité de biométhanisation, si la CIVE est intra-consommée au niveau de l'installation.

Le prix de vente d'une CIVE est conditionné par les coûts de production et est limité par le prix d'achat que peuvent se permettre les biométhaniseurs, notamment en fonction de son potentiel méthanogène. Au plus la CIVE produit de biomasse, au moins elle sera chère à produire et au plus elle sera abordable pour les biométhaniseurs. Il faut dès lors estimer le rendement critique à produire pour que le prix de la CIVE bénéficie à la fois au producteur et à l'acheteur.

Ainsi, pour pouvoir déterminer la quantité minimale de biomasse à produire par hectare pour pouvoir rentrer dans ses frais, un biométhaniseur doit faire le bilan des recettes et des coûts de son exploitation afin de déterminer quelle marge de prix il peut offrir pour l'achat, ou quelle marge de coût il peut supporter pour l'autoproduction de biomasse.

De ce fait, la masse critique d'une CIVE à produire va fortement varier au cas par cas, en fonction de différents paramètres :

- l'unité de biométhanisation : coûts d'installation et de maintenance, recettes dérivées de l'énergie et du digestat, etc. Il est très difficile de donner un coût moyen d'unité de biomasse ou un prix du m³ de méthane tant les facteurs d'influence sont nombreux en biométhanisation. De ce fait, il est très difficile d'estimer le montant qu'un biométhaniseur serait disposé à offrir pour de la biomasse. D'autant plus que ce prix varierait en fonction du type de biomasse considéré (potentiel méthanogène, rapport C/N) et du stock présent sur l'exploitation (quantité, qualité)
- la plante cultivée comme CIVE : potentiel méthanogène, rendement en fonction de la région, coûts de la culture, coûts et facilité de stockage, ...

En outre, la rentabilité d'une CIVE dépend de facteurs externes structurels comme les aides octroyées pour la valorisation de la biomasse (certificats verts, aides à l'installation, etc.), le statut juridique des coproduits (en particulier pour le digestat qui doit être reconnu comme amendement de qualité à haute valeur agronomique), ou encore et surtout, l'évolution du prix des énergies fossiles. La rentabilité des CIVEs pourrait donc très fortement évoluer dans les années à venir.

A titre d'exemple, admettons qu'un biométhaniseur soit disposé à payer 100 € la tonne de matière sèche d'une CIVE à bon rendement méthanogène. La quantité de biomasse à l'hectare qu'il faudra produire pour juste couvrir les frais sera donc égale au coût de la culture divisé par cent (€). Avec les hypothèses suivantes basées sur l'expérience d'agriculteurs français :

- labour : 60 €
- semis : 60 €
- semences : 120 €
- fertilisation N : 60 €
- épandage : 15 €
- récolte : 200 €



La mise en culture d'une CIVE implique donc un coût total de 500 €, sans tenir compte du coût de la main d'œuvre. Pour couvrir les frais engendrés (seuil de rentabilité), la culture devra donc produire 5 t_{MS}/ha, et encore davantage pour en dégager une marge de profit.

Au vu des conditions climatiques de la Belgique et des aléas météorologiques annuels exposés au point 1.1 et des estimations de rendement de CIVEs dans le Nord de la France exposés au point 2, il semble difficile d'atteindre un tel rendement en Wallonie sur le temps d'interculture dont on dispose. Malgré tout, de tels rendements pourraient être atteints certaines années où la récolte de pois et d'escourgeon est très précoce. Les CIVEs ne constitueraient donc pas un apport annuel régulier pour les installations de biométhanisation mais des appoints ponctuels, certaines années seulement.

Pour reprendre l'exemple, il n'est pas certain qu'un biométhaniseur sera disposé à payer 100 € la tonne (MS) de son intrant. En fonction des coûts de production et de l'état de son gisement, il pourrait être en mesure de ne savoir payer que moins, ou parfois plus. Le rendement critique de la CIVE serait ainsi variable pour que son cultivateur s'y retrouve financièrement. Or, malheureusement, il est très difficile de donner un coût moyen du kWh produit par la biométhanisation (et donc pouvoir estimer le prix de la matière première) tant chaque exploitation est unique².

Par conséquent, dans l'état actuel des choses, c'est-à-dire en considérant la rentabilité limitée des installations de biométhanisation et le prix des énergies fossiles, les CIVEs ne sont à considérer que comme appoint pour les biométhaniseurs (qui possèdent des terres) plutôt que comme une ration de base pour leurs digesteurs ou encore une opportunité pour tous les agriculteurs wallons. En effet, ***tant que les CIVEs seront peu rentables, seuls les biométhaniseurs qui manquent d'approvisionnement (et qui ont des terres disponibles) pourront accepter le surcoût de la culture, notamment car ils épargneront l'achat d'autres matières.***

A l'avenir, la situation pourrait être toute autre et des variétés de plantes à très haut rendement de biomasse aux conditions climatiques wallonnes pourraient voir le jour. Des essais sont actuellement réalisés par certaines firmes de semences. Il convient donc d'une part de stimuler le développement et d'autre part de monitorer l'évolution de différents paramètres tels que le prix de l'énergie et des technologies installées en biométhanisation, les niveaux de soutien à la production, les innovations végétales, ou encore sur du long terme, les changements climatiques.

1.5 Surfaces d'Intérêt Ecologique de la PAC

Une manière d'augmenter les chances de rentabilité des CIVEs tout en remplissant ses obligations de verdissement pour obtenir les aides de la PAC, pourrait être de faire reconnaître les CIVEs comme Surface d'Intérêt Ecologique (SIE). En effet, la conditionnalité des aides de la PAC prévoit, entre autres, que les exploitations agricoles aient 5 % de leur terre arable sous couvert reconnu comme écologiquement durable. Cette règle s'applique à toutes les exploitations conventionnelles qui ont plus de 25 % de terres arables hors herbe, jachère ou légumineuses, et dont ces terres occupent plus de 30 ha. Ce sont dès lors 45 % des agriculteurs wallons qui sont concernés.

Les cultures dérobées entrent dans les cultures reconnues comme SIE à raison de 1 ha = 0,3 de SIE. Ce mois d'octobre, la Région wallonne a arrêté sa position sur les SIE. Les cultures dérobées seront reconnues comme SIE à condition : 1) de semer un mélange d'au moins deux espèces à choisir parmi deux des quatre listes définies, 2) de semer entre le 1^{er} juillet et le 1^{er} octobre, 3) de maintenir la culture en place au minimum trois mois (pas de dates fixées), et 4) de n'avoir recours à aucun intrant, engrais

² En effet, les exploitations de process, de taille et d'âge différents n'ont pas les mêmes coûts d'installation et de maintenance, et leurs revenus dépendent des aides reçues, de la qualité de l'approvisionnement, et du degré de valorisation de la chaleur et du digestat.



minéraux ou produit phyto, entre le semis et la destruction/récolte. La possibilité de récolter la culture plutôt que de la détruire a fait le fruit de longues discussions et n'est pas encore tout à fait arrêtée ; on sait désormais que les cultures dérochées pourront être récoltées après trois mois, mais on ne sait pas encore si une coupe sera autorisée en cours de culture. La Région wallonne a fait une proposition à l'Europe et attend une réponse (SPW DGO3, 2014).

Le fait que les cultures dérochées SIE puissent être récoltées est un bon point pour les CIVEs, qui dès lors pourraient profiter à l'agriculteur en l'aidant à obtenir les aides liées au verdissement de la PAC, mais il reste toutefois la contrainte qu'aucun intrant ne peut être utilisé *durant* la culture. En effet, les CIVEs, bien que dérochées, sont des cultures avec objectif de rendement. Il sera donc peut-être nécessaire d'apporter des intrants pour obtenir la biomasse critique qui rentabilise la culture. Cette question devra être étudiée lors d'essais futurs. Au moins dans un premier temps, les agriculteurs préféreront donc peut-être les cultures dérochées de type cipan car elles sont plus faciles et déjà plus maîtrisées, et qu'elles n'ont pas ces objectifs de production.

Une autre contrainte est la liste d'espèces reconnues pour les SIE :

- liste A: ray-grass anglais et italien, céréales (avoine, avoine rude, froment, seigle triticales)
- liste B: légumineuses (féverole, gesse, pois fourrager, trèfles, vesce)
- liste C: moutarde, radis fourragers
- liste D: caméline, lin, niger, phacélie et sarrasin
ou possibilité de sous-semis d'herbe (sans mélange) dans la culture principale

Toutes les espèces testées comme CIVEs en Picardie et en Wallonie ne sont pas reprises (voir suite).

2 | Espèces potentielles pour la Wallonie

La culture de CIVEs semble peu ou pas développée à l'heure actuelle en Wallonie. On ne dispose donc pas d'informations suffisantes et fiables pour pouvoir établir une liste d'espèces au bon potentiel, et leur itinéraire technique. Afin d'estimer quelles espèces ou variétés pourraient être implantées chez nous, les principales espèces ou variétés cultivées dans le Nord de la France ont été revues, ainsi que les espèces faisant l'objet d'essais pour le fourrage en Région wallonne.

Les données portent sur des cultures pures telles que reprises dans le tableau 1 ou sur des mélanges (généralement une monocotylédone + une légumineuse) dont certains figurent également dans le tableau 1. De nombreux mélanges sont possibles, il convient de faire des essais pour déterminer quels mélanges produisent une biomasse abondante et à bon potentiel méthanogène.

Les données reprises dans le tableau 1 proviennent principalement d'essais réalisés en Picardie entre 2008 et 2010 pour le compte d'Agro-Transfert Ressources et Territoires, et la Chambre d'Agriculture de la Somme (Optabiom, 2011). Quelques rendements ont également été mesurés en Wallonie lors d'essais sur les CI fourragères réalisés par l'UCL entre 2009 et 2012 (De Toffoli et al., 2012).

Ces essais méritent, pour les premiers, d'être réitérés dans les conditions wallonnes, et pour les seconds, d'être réitérés selon une approche orientée vers la production d'énergie (quantité de biomasse et potentiel méthanogène). En outre, les essais Optabiom et UCL ont été réalisés après pois ou escourgeon sans apports d'engrais, afin d'apprécier les qualités en tant que piège à nitrates et de minimiser les coûts de production. **Il serait intéressant de déterminer quelle marge de production supplémentaire on pourrait réaliser en apportant différentes doses d'intrants sans pour autant nuire à la rentabilité économique et au risque de lessivage de nitrates.**

En règle générale, il ressort que **les espèces ayant les meilleurs potentiels biomasse** par rapport aux conditions wallonnes seraient l'avoine (blanche de printemps ou diploïde « brésilienne ») pure ou en



mélange, l'orge de printemps, le ray-grass italien, et le niger (**en vert dans le tableau**). D'autres espèces méritent d'être prises en compte comme le colza fourrager et la navette fourragère, malgré leur forte teneur en eau et donc leur stockage plus difficile. Enfin, certaines espèces comme le maïs, le sorgho et le moha, semblent à écarter dorénavant car elles auraient peu de chances d'être très productives dans nos régions (en rouge).

Les espèces, variétés ou mélanges du tableau 1 qui sont jugées envisageables (vert et orange) doivent encore faire l'objet de recherches et essais afin de déterminer lesquels sont les plus prometteurs et selon quel itinéraire technique. Les conditions de température et de pluie, spécifiquement aux périodes de semis et post semis, sont bien sûr aussi à préciser car il s'agit d'un critère très important pour que les agriculteurs choisissent ou non d'implanter la CIVE. Enfin, il convient de voir si les semences sont accessibles facilement ou non, et si l'espèce cultivée n'a pas d'effet négatif sur la culture principale suivante (concentration de parasites, exsudats allélopathiques, etc.).



Tableau 1: Information par critère et par espèce pouvant être cultivée comme CIVE.

ESPECE

	Avoine bl. de printemps	Avoine bl. de printemps	Avoine bl. + phacélie	Avoine bl. + vesce	Avoine diploïde / brésilienne	Av. brés. + vesce	Orge de printemps	RGI	Nyger	Colza fourrager	Navette fourragère	Mélange Methani.Couv	Méteil d'hiver (non spécifié)	Maïs	Sorgho	Moha	Moha + trèfle
ENVISAGEABLE ?	OUI	OUI	CRITIQUE	OUI	CRITIQUE	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	CRITIQUE	INCONNU	INCONNU	NON	NON	NON	NON
date de semis	30-juil	27/06 -19/07	30-juil	fin juin/mi-juil.	12-juil	12-juil	30-juil	septembre	30-juil	30-juil	30-juil			30-juil		30-juil	30-juil
date de récolte	15-20/10	30/09 - 15/10	15-20/10		14-oct	14-oct	15-20/10	avril	15-20/10	15-20/10	15-20/10			15-20/10		15-20/10	15-20/10
rendement (tMS/ha)1 :	2,7-4,2-7,5 a	4-4,6 c	3,9 a	3,8-5,7 a 3,8-5,2 c	3,4 c	5 c	3-6,2-7,5 a	3-4 d	0,7-8,7 a	4,5 - 9 a	2,7 (racines) - 7,4 (feuilles) a			<5 a		0,2-4,8-5,5 a	0,7-5,7
rendement méthane :																	
rendement biogaz (m3/tMB):	52-159						110-159		63-91	68-97	59			97		148-221	84-215
date limite de semis :	fin juillet a	fin juillet a	mi à fin juillet a	mi-juillet a			fin juillet a	juillet à sept.	fin juillet a	fin juillet a	mi-juillet a			début juillet a		mi-juillet a	mi-juillet a
suitant déconseillé :	froment		légumineuses	légumineuses, lin, ! céréales	froment	froment	Orge de printemps; froment		haricot	! Nématodes bett., lin, pois, haricot	Betterave, fèverole, pois, haricot			maïs fourrage		froment	froment
sensibilités :	ROUILLE; adventices; froid hivernal		rouille		rouille	rouille	adventices; rouille; verse; froid hivernal	! Assèchement pour céréales qui suivent	sulfonylurées; gel	adventices; altises	adventices			gel		fusarioses; gel	fusarioses; gel
valeur cipan :	bien		très bien				bien		très bien	très bien	très bien						
« ennemi » dans la rotation :	/						/			betterave				/			
stockage :	ensilage		ensilage	ensilage/enrub.			ensilage	ensilage/enrub.		ensilage (complexe)	ensilage (complexe)			ensilage		ensilage	
prix des semences (€/ha) :	15-40		35-40 b	35-45 b			90 - 100 b	45-70 b		20 - 35 b	18-27 b			150 b		25-40 b	

1: rendement sans apport d'engrais

a: Optabiom, 2011 (Picardie, 2008-2009-2010). b: prix français; fonction de la densité de semis. c: De Toffoli et al., 2012 (Wallonie). d. Fourrages Mieux, 2014 (communication personnelle).

Parmi la liste d'espèces proposées dans le tableau 1, le **maïs** et le **sorgho** ont été écartés car les conditions estivales wallonnes ne permettent pas à ces deux espèces de se développer sur une courte période où de surcroît les jours raccourcissent. Le **moha** a également été écarté car, malgré son très important potentiel méthanogène, il s'agit d'une plante gélive qui ne peut pas être implantée avant un froment. Or, selon les conditions imposées dans le PGDA, les CI ne peuvent pas être récoltées avant le 15 novembre (sauf si semis de froment). Il y a donc un risque que la culture soit endommagée au moment de sa récolte. En outre, la date limite de semis, aux conditions picardes, correspond à la mi-juillet ce qui est difficilement faisable en Wallonie considérant que les récoltes s'y font plus tardivement d'une dizaine de jours qu'en Picardie.

Le **colza fourrager** et la **navette fourragère** semblent envisageables grâce à leurs bons rendements de biomasse mais il faut souligner leur forte teneur en eau qui rend leur stockage difficile. Afin d'éviter la pourriture et l'écoulement important de jus, il faudrait pouvoir ensiler ces cultures en couche avec du maïs (ensilage ou résidus de maïs grain) ou une autre matière sèche qui puisse jouer un rôle d'éponge. Cela implique donc un savoir-faire, l'accès aux ressources complémentaires adéquates, et une bonne logistique. En outre, ces deux cultures sont à éviter avant une culture de betterave ou de légumineuses. Remarque : le document Optabiom renseigne que la navette fourragère doit être semée avant la mi-juillet, ce qui est à son désavantage, mais dans d'autres documents, elle pourrait être semée jusqu'en septembre, ce qui laisserait plus de marge de manœuvre par rapport aux récoltes de pois et d'escourgeon. Il convient de déterminer l'optimum *date de semis-biomasse* dans nos conditions. Un autre frein à la culture de colza et de navette comme CIVEs est que ces espèces ne sont actuellement pas reconnues dans les listes Surfaces d'Intérêt Ecologique. Ceci n'empêche en rien leur culture mais les agriculteurs qui doivent se mettre en règle pour le verdissement (aides PAC) préféreront peut-être d'autres espèces.

Dans les espèces jugées les plus prometteuses, le **niger** semble avoir du potentiel grâce à son bon potentiel méthanogène, mais sa culture est encore méconnue et a peu été testée en Wallonie (quelques essais par Greenotec). Les rendements obtenus dans les essais Optabiom sont d'ailleurs très fluctuants (0,7 à 8,7 t_{MS}/ha). Mis à part par les conditions météorologiques, cette variation pourrait être expliquée par une sensibilité aux sulfonilurées (agent herbicide) rémanents dans le sol et à la technique de semis (Greenotec). En outre, le niger est fort sensible au gel et aux limaces.

La société Caussade-Semences a développé divers mélanges de semences dont le **mélange** « Methani.Couv » spécialement conçu pour la biométhanisation, qu'elle teste actuellement en Wallonie. Ce mélange est composé de tournesol, de moha et de niger et il a donné un rendement moyen de 4,6 t_{MS}/ha dans le Nord de la France, avec un potentiel méthanogène égal à 1.120 Nm³CH₄/ha (Caussade-Semences. Communication personnelle).

L'**avoine** et l'**orge** semblent être les espèces les plus prometteuses car elles produisent de bons rendements en culture pure ou en mélange et qu'elles ont de très bons potentiels méthanogènes. Les essais wallons réalisés par l'UCL (De Toffoli et al., 2012) viennent confirmer les bons rendements de biomasse dans nos conditions. L'avoine diploïde dite brésilienne produit un bon rendement final mais elle met plus de temps à se développer que l'avoine blanche. Il convient à présent de comparer les différents mélanges possibles d'espèces et/ou de ratio vis-à-vis de la production de biomasse mais également du potentiel méthanogène qui sera bien sûr influencé.

Un petit bémol est toutefois à noter ; ces céréales, surtout l'avoine blanche, sont sensibles à la rouille (impact possible sur le potentiel méthanogène), et elles doivent être récoltées avant l'hiver car l'on utilise des variétés de printemps. Elles ne sont donc pas adaptées pour réaliser des CIVEs dites d'hiver, c'est-à-dire des CIVEs que l'on récoltera avant une culture de printemps. Toutefois, ce serait intéressant de faire des essais avec des variétés plus résistantes (au froid et à la rouille) voire des variétés d'hiver afin de pouvoir récolter la culture au printemps, pour bénéficier (peut-être) de meilleurs rendements, de meilleures conditions de pénétration au champ ou de charge de travail, et également d'un sol couvert tout l'hiver.

Des **méteils**, mélanges de céréales et légumineuses, pourraient être semés en septembre-octobre et



récoltés en avril avant un maïs à croissance rapide³. Après la mi-avril, il semble trop risqué d'implanter un maïs, grain de surcroît, si l'année est plutôt sèche (CIPF, communication personnelle). L'association avec une légumineuse permet de diminuer voire de supprimer le besoin d'apporter un fertilisant azoté, et donc de limiter les coûts de production.

Enfin, une autre espèce intéressante serait le **ray-grass italien**, pour une CIVE d'hiver. Celui-ci peut être semé jusqu'en septembre et produira entre 3 et 4 t_{MS}/ha (sans intrants) jusqu'à sa récolte en avril avant l'implantation d'un maïs (Fourrages Mieux, communication personnelle). La production de biomasse sous la barre des 5 tonnes fixée comme rendement seuil est à mettre en balance avec son potentiel méthanogène (environ 100 Nm³CH₄/t_{MB}). Cette culture dérobée est déjà pratiquée par certains éleveurs pour produire du fourrage et est donc déjà mieux maîtrisée que d'autres CI(VEs) en Wallonie. Attention, elle implique de semer derrière une variété de maïs à croissance rapide pour combler le retard de semis, et elle peut avoir un impact négatif sur la culture suivante en année sèche.

3 | Conclusion sur les cultures intermédiaires

➡ Il ressort de l'analyse précédente que la culture de CIVEs en Wallonie est limitée par divers facteurs dont principalement les **conditions climatiques et météorologiques qui limitent le temps d'interculture et les potentialités de rendement**.

Quelques espèces prometteuses ont été identifiées et il convient dès lors de faire de nouveaux essais en Wallonie pour déterminer les modalités de mélange et d'itinéraire technique adaptés.

➡ Sur base des connaissances et du contexte économique actuels, les CIVEs ne sont à considérer que comme **cultures d'appoint à réaliser par certains biométhaniseurs** qui possèdent des terres, les années où les récoltes de pois et d'escourgeon ont été très précoces.

En effet, ce sont les biométhaniseurs, au cas par cas, qui sont capables d'estimer à quel prix ils peuvent acheter une matière première (par rapport à son rendement méthane) et donc combien il faut produire au minimum de biomasse à l'hectare pour atteindre le seuil de rentabilité.

Sur le long terme, les contextes économique et énergétique sont amenés à changer et recadreront les paramètres de rentabilité économique des CIVEs.

³ Le CIPF pourrait entreprendre des essais sur plusieurs années pour quantifier la perte de valeur des sols et des récoltes sur des maïs semés tardivement, après une CIVE d'hiver (Guy Foucart, communication personnelle).

Coproduits agricoles

Ce chapitre fait état des coproduits agricoles existants en Wallonie, et qui sont encore non valorisés ou mal intégrés dans une filière, mais dont une partie peut être détournée sans poser de problèmes (de prime abord).

Les chiffres calculés dans cette étude sont des estimations de ce qui est disponible mais ils ne font pas l'objet d'une étude technico-économique poussée qui, elle, permettrait de calculer un potentiel *réellement* mobilisable. Une telle étude est très complexe et nécessite de fixer des objectifs de production énergétique auxquels on peut joindre les besoins matière correspondants et une enquête sur l'impact technique, économique, social et environnemental.

Afin de calculer le potentiel de production d'énergie à partir des coproduits, un gisement a dû être évalué comme base pour les calculs de conversion. On distingue deux types de gisement :

- Le **gisement/potentiel théorique**: représente les quantités de biomasse produites en Wallonie, en faisant abstraction de tout usage spécifique qui en est fait. Il est exprimé en quantité de matière et peut être converti en énergie primaire.
- le **gisement/potentiel technique**: inférieur ou égal au potentiel théorique, il représente la production wallonne de biomasse qui pourrait être exploitée à des fins énergétiques. Il tient compte des autres utilisations de la biomasse (recyclage, alimentation, valorisation matière) et dans une certaine mesure de la facilité de mobiliser la ressource. **Dans cette étude, il a généralement été exprimé en termes d'un pourcentage fixé plus ou moins arbitrairement sur base des discussions entretenues avec les professionnels des filières concernées.** Il est exprimé en quantité de matière et peut être converti en énergie primaire puis finale, en fonction de la technologie de conversion choisie. Plusieurs scénarii ont été comparés.

Remarque : le potentiel technique peut être estimé avec un degré de précision assez variable. Estimé grossièrement, il permet de juger de la disponibilité générale du gisement. Estimé (très) précisément, il permet une analyse plus fine mais pour y arriver, il est nécessaire de réaliser des études technico-économiques qui répondent à des paramètres et objectifs bien définis. Il est donc très complexe de donner des chiffres précis sur le gisement technique « réel » pour une région comme la Wallonie, car les productions, besoins, et filières mises en place peuvent varier fortement d'une commune voire d'une province à l'autre.

Cette étude se limite donc à évaluer un potentiel technique général pour la Wallonie. Ce potentiel pourra être affiné ultérieurement pour des requêtes spécifiques.

Les **coproduits considérés** sont les effluents d'élevage de bovins, porcins, et poules, la paille, la menue paille, les issues de céréales, les résidus de maïs grain, les feuilles de betteraves et de pommes de terre, et enfin l'herbe. La valorisation énergétique possible est discutée pour chacune de ces ressources l'une après l'autre.

Les coproduits de transformation issus de l'industrie agro-alimentaire **ne sont pas considérés** comme agricoles mais bien comme des sous-produits de l'agro-industrie. Ils ne seront donc pas pris en compte dans cette étude. Ils seront par contre considérés dans l'étude *observatoire de la biomasse* réalisé par ValBiom. Il en va de même pour les cultures alimentaires (grains, colza,..) qui ne sont pas considérées comme coproduits.



De manière générale, la **biométhanisation** permet de valoriser tous les coproduits, même si certains ont un potentiel méthanogène moins bon que d'autres. La biométhanisation présente l'avantage que les matières entrantes peuvent être riches en eau ; elle produit du digestat, un amendement riche pour retourner une bonne partie des nutriments exportés des champs ; et elle permet de produire de l'électricité et/ou de la chaleur en brûlant le biogaz, éventuellement purifié en biométhane, dans un moteur à cogénération ou un autre dispositif de combustion (chaudière, moteur véhicule, gazinière, etc.).

Dans le cas de la valorisation de coproduits agricoles, **le fait que la biométhanisation accepte des matières relativement humides est très intéressant car la plupart des coproduits le sont**. Ainsi, ils peuvent être récoltés tels quels sans traitement coûteux en temps et en argent (du moins par rapport à un séchage, naturel ou non, pour la valorisation en combustion).

La **combustion** quant à elle ne convient que pour les coproduits de type sec. Pour les coproduits riches en matière sèche comme la paille, la menue paille et les issues de silo, la combustion peut offrir un gros potentiel de production d'énergie sous forme de chaleur. La valorisation par combustion n'est donc à envisager que s'il y a un besoin important en chaleur, pour du séchage par exemple.

La combustion avec production d'électricité (cogénération) est également possible mais ne sera pas considérée dans cette étude.

Afin d'estimer le potentiel énergétique final de chaque gisement de biomasse, les rendements théoriques suivants ont été appliqués :

- 37 % pour l'électricité en moteur à cogénération
- 45 % pour la chaleur en moteur à cogénération
- 80 % pour la chaleur en chaudière

Le potentiel énergétique final indiqué ne tient donc pas compte de la part autoconsommée par les installations pour assurer leur fonctionnement.

Pour ce qui est du maintien de **la fertilité des sols** et donc l'exportation de N,P,K, mais surtout de carbone, la récolte de coproduits qui normalement restaient au champ doit être raisonnée. En effet, la fertilité biologique des sols dépend de la matière organique sans laquelle l'on ne pourrait plus obtenir de bons rendements à l'avenir. Par conséquent, dans les calculs de cette étude, un pourcentage de gisement « mobilisable » est donné et tient compte tant que faire se peut du maintien du carbone du sol.

Toutefois, il faut noter que la *valorisation par biométhanisation* a l'avantage de permettre un retour important du carbone exporté via le digestat épandu sur les terres. Avec la biométhanisation, davantage de biomasse devrait donc pouvoir être exportée puisqu'elle serait ensuite réimportée sous forme de digestat. En effet, il est considéré que l'intégralité du carbone stable, donc celui qui formera l'humus et permettra au sol d'être fertile, reste contenu dans le digestat et est donc restitué au sol. Ce n'est que le carbone instable, qui ne produit pas d'humus, qui est partiellement transformé en biogaz et dont une partie ne reviendra plus au sol. Du carbone instable reste néanmoins disponible au champ par le biais des racines et des restes de coproduits non exportés.

Avec ou sans retour de digestat, il est important d'assurer un suivi des paramètres de fertilité en parallèle à l'exportation de biomasse afin de garantir le maintien de la fertilité des sols, surtout dans les régions où le carbone est (presque) déficitaire. L'université de Gembloux AgroBioTech réalise des essais sur l'impact dans les différents compartiments du sol et sur les cultures suivantes, de l'export de matières par rapport au maintien au sol, depuis 6 ans. Les résultats ne seront pas publiés avant deux ans.



1 | Effluents d'élevage

Les effluents d'élevage sont des coproduits agricoles inévitables et produits en abondance, toute l'année. Malgré leur potentiel méthanogène réduit, la quantité produite et l'obligation de s'en débarrasser (retour au champ le plus souvent) en font une matière première très intéressante pour la biométhanisation, qui permettra de produire de l'énergie tout en maintenant la production d'un très bon amendement pour les champs, le digestat. Il est donc intéressant de pouvoir situer et quantifier les productions de fumier et de lisier en Wallonie afin de pouvoir estimer le potentiel de la biométhanisation.

Afin d'estimer la production d'effluents d'élevage et de pouvoir y associer un potentiel énergétique, le nombre de têtes de bovins, porcins, et de poules par catégorie a été multiplié par la production annuelle de lisier ou de fumier à l'étable. Pour réaliser un tel calcul, le recensement agricole de 2013 (têtes par catégorie) et l'annexe XXII du PGDA (chiffres de production d'effluents par catégorie animale) ont été utilisés. Le nombre de têtes de porcs et de poules a dû être converti en places car ces animaux ne vivent pas forcément une année entière en élevage traditionnel.

Un problème majeur rencontré a été l'estimation des parts de stabulation respectives par catégorie animale. En effet, cette information est indispensable pour pouvoir calculer les productions de lisier et de fumier séparément, puisque ces deux matières n'ont pas le même potentiel énergétique. Or, le dernier recensement sur le type de stabulation des animaux date de 1996. Ce problème s'applique tout particulièrement pour les bovins.

Un chiffre fiable ne pourra sans doute pas être donné avant plusieurs années, car il serait mesuré sur base des informations relatives aux bâtiments d'élevage et aux nombre de places dans chaque bâtiment, qui sont en cours de recensement dans les attestations de conformité (Dimitri Wouez, Nitrawal ; André Guns, AWAC. communications personnelles).

Les parts lisier-fumier utilisées pour les calculs de cette étude sont précisées dans les paragraphes suivants.

Remarque : Dans cette étude, la part mobilisable des effluents d'élevage est considérée comme égale à 100 %. Cette hypothèse se base sur le caractère « déchet » des effluents. En effet, les effluents ne font pas l'objet de valorisation alimentaire pour l'homme ou les animaux et, bien que l'épandage direct soit bénéfique pour les sols, le retour de digestat est supposé équivalent bien que dans ce cas, on aura pu extraire du biogaz. Par conséquent, **dans l'absolu, 100 % du gisement serait valorisable énergétiquement.**

Toutefois, les effluents ne peuvent être utilisés que dans un périmètre restreint à leur site de production car ils sont difficilement transportables et riches en eau. La mobilisation effective de 100 % du gisement théorique ne serait donc peut-être pas faisable en réalité, à moins de très fortement développer la biométhanisation de proximité. Mais cette considération ressort du cadre technico-économique de la mobilisation des ressources qui n'est pas développé dans cette étude.

1.1 Bovins

Le calcul de la production de lisier et de fumier de bovins est très complexe à réaliser car l'information nécessaire pour pouvoir déterminer les parts d'effluents respectifs n'existe plus depuis 1996. Or, les pratiques d'élevage ont fort évolué depuis, notamment en production laitière où les salles de traite automatisées sont apparues. Il est donc évident que la production de lisier chez les laitières soit aujourd'hui supérieure à celle de fumier, mais il subsiste de grosses différences entre régions agricoles. Une estimation globale des parts respectives de production de lisier et de fumier n'a pas pu être faite, même à dire d'expert (SPW-DAEA ; SPW-AWAC ; FWA ; SPW-DPS ; CRA-w ; Nitrawal ; communications personnelles).



Pour réaliser les calculs, cette étude se base sur une **estimation arbitraire des parts lisier-fumier** au niveau wallon, basée sur des discussions avec les experts précités et l'équipe ValBiom, à savoir :

- Veaux, génisses, jeunes mâles, vaches allaitantes et vaches de réforme : 40 % lisier – 60 % fumier
- Vache laitières : 90 % lisier – 10 % fumier
- Taureaux, mâles de plus de 2 ans : 10 % lisier – 90 % fumier

Cette répartition n'est basée sur rien d'officiel et ne garantit pas de coller à la réalité, mais les données de 1996 ne le garantissent pas davantage vu leur ancienneté. **Les chiffres de potentiel énergétique issu d'effluents de bovins sont donc à interpréter avec précaution.**

Remarque : dans les calculs détaillés par province (voir tableau ci-dessous), ces mêmes pourcentages sont maintenus malgré les différences certaines entre provinces⁴.

La production de lisier (hypothèse 6 mois à l'étable) serait d'environ 3.831.000 t et celle de fumier serait d'environ 2.768.500 t, avec un pouvoir méthanogène respectivement égal à 10 et 27 m³CH₄/tMF. La biométhanisation est la meilleure valorisation énergétique que l'on peut en faire. Le potentiel énergétique (énergie primaire) serait alors de 383.000 MWh issus du lisier et de 747.500 MWh issus du fumier.

Le biogaz produit par le processus de biométhanisation sera ensuite converti en énergie par combustion ou cogénération en fonction des besoins de chaleur et d'électricité liés à l'installation et au projet.

Cheptel total : 1.170.003
 Prod. Effluents : 2,8 à 11,7 m³/tête/6 mois
 % mobilisable : 100

	Gisement		Pot. méthanogène		Energie potentielle		Energie électrique		Energie thermique	
	t		m ³ CH ₄ /tMF		MWh		MWh é		MWh th	
	Lisier	Fumier	Lisier	Fumier	Lisier	Fumier	Lisier	Fumier	Lisier	Fumier
Wallonie	3.830.815	2.768.421	10	27	383.081	747.474	141.740	276.565	172.387	336.363
Brabant Wallon	152.048	122.989	10	27	15.205	33.207	5.626	12.287	6.842	14.943
Hainaut	1.034.387	692.957	10	27	103.439	187.098	38.272	69.226	46.547	84.194
Namur	691.930	572.897	10	27	69.193	154.682	25.601	57.232	31.137	69.607
Liège	1.072.051	538.758	10	27	107.205	145.465	39.666	53.822	48.242	65.459
Luxembourg	887.720	849.607	10	27	88.772	229.394	32.846	84.876	39.947	103.227

Les potentiels par province sont calculés sur base des cheptels respectifs, en tenant compte des catégories d'âge et de spéculation, mais en maintenant les hypothèses globales de production de lisier ou de fumier. Sur base de ces hypothèses, il ressort l'importante production de lisier dans les provinces du Hainaut et de Liège, et l'importante production de fumier dans la province du Luxembourg. Malgré l'incertitude sur les chiffres, cela reflète bien la production importante de lait dans la Région herbagère (donc plus de lisier) contrairement à la production de viande dans l'Ardenne et la Région jurassique (donc plus de fumier).

⁴ Il en sera de même pour les autres coproduits ; le pourcentage mobilisable fixé pour le niveau wallon est utilisé pour estimer les productions respectives de chaque province, même si les contextes sont différents dans chaque province.



1.2 Porcs

Le type d'effluent produit en élevage porcin est mieux connu que celui des bovins. D'après les estimations faites par l'AWE (communication personnelle), la part moyenne wallonne des porcs qui produisent du lisier est de 80 à 90 %. Cette fraction reste constante dans toutes les provinces, sauf celle du Luxembourg où elle diminue.

Afin d'estimer la production d'effluents, il faut convertir le nombre de têtes de porcs en nombre de places car les porcelets et porcs à l'engrais ne vivent pas une année entière. Il a été considéré qu'une place vaut 8 porcelets ou 2,5 porcs à l'engrais. Les truies et verrats, eux, vivent plus d'un an donc ils occupent chacun une place (AWE, communication personnelle).

Pour l'ensemble de la Région wallonne, la production annuelle moyenne estimée de lisier est de 176.000 t et celle de fumier est de 30.000 t, avec un pouvoir méthanogène respectivement égal à 10 et 35 m³CH₄/tMF. La biométhanisation est la meilleure valorisation énergétique que l'on peut en faire. Le potentiel énergétique primaire est alors l'ordre de de 17.600 MWh issus du lisier et de 10.600 MWh issus du fumier.

Cheptel total : 326.786
 Prod. Effluents : 0,2 à 3,7 m³/place/6 mois
 % mobilisable : 100

	Gisement		Pot. méthanogène		Energie potentielle		Energie électrique		Energie thermique	
	t		m ³ CH ₄ /tMF		MWh		MWh é		MWh th	
	Lisier	Fumier	Lisier	Fumier	Lisier	Fumier	Lisier	Fumier	Lisier	Fumier
Wallonie	176.021	30.352	10	35	17.602	10.623	6.513	3.931	7.921	4.781
Brabant Wallon	15.177	2.090	10	5	1.518	732	562	271	683	329
Hainaut	63.238	8.739	10	35	6.324	3.059	2.340	1.132	2.846	1.376
Namur	43.973	4.128	10	35	4.397	1.445	1.627	535	1.979	650
Liège	41.492	8.330	10	35	4.149	2.915	1.535	1.079	1.867	1.312
Luxembourg	9.411	5.910	10	35	941	2.068	348	765	423	931

On remarque que la province du Hainaut se démarque des autres car sa production de porcs est la plus importante, avec près de 35 % de la production wallonne. Les parts lisier-fumier de cette province n'étant pas connues, ce sont celles du Brabant Wallon qui ont été considérées. Les valeurs de production d'effluents et d'énergie sont donc incertaines et sont notées en orange dans le tableau.

Les provinces du Brabant Wallon et du Luxembourg, elles, se démarquent par leur faible production en comparaison aux provinces du Hainaut, Namur et Liège, mais où on élève les porcs davantage sur lisier (90% dans le BW) ou sur litière (40 à 50 % dans la province du Luxembourg). La plus grande production sur litière dans cette dernière est due notamment parce que la part labellisée bio y est importante.

1.3 Poules

L'estimation de la production de lisier, dans ce cas des fientes, et de fumier est plus aisée pour ce qui conserve l'élevage de poules. En effet, on estime que 99 % des poulets de chair sont élevés sur paille et produisent donc du fumier, tandis que 98 % des poules pondeuses produisent des fientes avec éventuellement un peu de substrat sableux.

Les renseignements sur la production d'effluents étant donnés en m³/1000 places/6mois, il a fallu également convertir le nombre de poules et poulets en places. On estime le nombre de poulets de chair par place à 6,5 et le nombre de poules pondeuses par place à 1. En effet, en poulet standard, on réalise généralement 6 ou 7 bandes par an (environ 4 en élevage bio) alors qu'on ne comptera qu'une bande pour les pondeuses car elles vivent 13 mois (FACw-AWE, communication personnelle).



Sur base de ces chiffres, la production annuelle estimée de fientes de poules, chair et pondeuses confondues est de 48.000 t et celle de fumier est de 12.000 t, avec un pouvoir méthanogène respectivement égal à 42 et 40 m³CH₄/t_{MF}. La biométhanisation est la meilleure valorisation énergétique que l'on peut en faire. Le potentiel énergétique primaire serait alors de 20.000 MWh issus des fientes et de 5.000 MWh issus du fumier.

La production de poules pondeuses et de poulets de chair est la plus élevée dans la province du Hainaut où l'on retrouve respectivement 45 % et 35 % de la production.

Cheptel total : 4.072.447
 Prod. Effluents : 15 à 34,5 m³/1000 places/6 mois
 % mobilisable : 100

	Gisement		Pot. méthanogène		Energie potentielle		Energie électrique		Energie thermique	
	t		m ³ CH ₄ /t _{MF}		MWh		MWh é		MWh th	
	Fientes	Fumier	Fientes	Fumier	Fientes	Fumier	Fientes	Fumier	Fientes	Fumier
Wallonie	48.145	12.055	42	40	20.221	4.822	7.482	1.784	9.099	2.170
Brabant Wallon	3.092	713	42	40	1.299	285	481	105	584	128
Hainaut	21.550	4.269	42	40	9.051	1.708	3.349	632	4.073	768
Namur	7.623	3.265	42	40	3.202	1.306	1.185	483	1.441	588
Liège	7.409	2.377	42	40	3.112	951	1.151	352	1.400	428
Luxembourg	8.470	1.431	42	40	3.557	573	1.316	212	1.601	258

2 | Paille

La paille est un coproduit de la culture des céréales à paille que l'on produit pour leur grain, telles que le froment, l'escourgeon, l'épeautre, etc. La paille est donc un coproduit produit en abondance en Wallonie puisque les céréales pour le grain occupent près de 30 % de la SAU. Récoltée essentiellement durant l'été, la paille est aisément stockable grâce à son haut niveau de matière sèche. Toutefois, la paille a déjà de nombreux usages qui rendent son utilisation en valorisation énergétique plus limitée.

Il est estimé (SPW-DAEA, communication personnelle) que durant l'année 2013, 40 % des pailles ont été utilisées en intra-consommation pour la litière et l'alimentation animale, 30 % ont été laissées aux champs pour le retour de carbone au sol, et 30 % ont été vendues. Toutefois, ces pourcentages varient d'une année à l'autre, notamment les mauvaises années où la production a été limitée. Ces années-là, comme en 2013, une fraction plus importante est vendue car les prix de la paille sont élevés. En année dite normale, il serait plus exact d'estimer la part de pailles vendues à 25 voire 20 %. Les éleveurs gardent alors leurs pailles pour la litière des bêtes et les cultivateurs enfouissent davantage.

Ainsi, la part de pailles disponibles pour la vente, et donc pour la valorisation énergétique à condition d'y mettre le prix, varierait de 20 à 30 % de la production totale. Cette fraction est toutefois encore à partager entre éleveurs qui manquent de paille, demande pour les animaleries, demande pour l'écoconstruction, et demande pour la valorisation énergétique. Entre 2011 et 2013, le prix officiel de la paille a varié entre 50 et 130 € la tonne avec une moyenne de 80-90 €/t, mais le prix payé effectivement par les agriculteurs est encore plus variable dans la mesure où certains peuvent avoir des accords avec des producteurs français et d'autres peuvent s'approvisionner chez un voisin dans une commune où la demande explose (Sillon belge, 2013 ; SPW-DAEA, communication personnelle). Le prix qu'il faudra payer pour avoir accès à la paille est donc encore peu connu tant il pourra varier en fonction de l'année, de l'évolution d'autres filières, et des accords d'approvisionnement.



En ce qui concerne le maintien du carbone du sol, une étude effectuée par Arvalis-Institut du végétal, en France, rapporte que le prélèvement de paille dans les régions à haut risque pour l'érosion des sols ne devrait pas dépasser les 30 % du potentiel paille, et les 60 % dans les régions moins touchées (Arvalis/Onidol, 2007). Cependant, ceci s'applique à une exportation des pailles sans considérer un retour, via du digestat par exemple.

Le pourcentage considéré de pailles exportable pour la valorisation énergétique en Wallonie est de l'ordre de 20 % de la production de paille totale, afin de prévenir tout éventuel problème de fertilité des sols et de concurrence pour la matière première. Si l'on considère un rendement paille moyen de 4 t/ha pour toutes les céréales à pailles, le gisement potentiellement disponible pour la valorisation énergétique serait de l'ordre de 74.000 t.

Il faut noter que la production de paille pour la valorisation énergétique se fait principalement dans les exploitations qui cultivent des céréales mais qui n'ont pas de bétail et qui disposent donc d'un surplus à vendre (ou à échanger). Un croisement des données du recensement agricole de 2013 permet de mettre en évidence les exploitations qui cultivent des céréales et qui n'ont pas d'animaux. Il en ressort que sur 70.581 ha de céréales cultivées dans des exploitations sans animaux, 60 % se situent dans la Région limoneuse, près de 25 % dans le Condroz et 12 % dans la Région sablo-limoneuse.

Superficie (ha) :	185.948
rendement (TMF/ha) :	4
% mobilisable :	20
Pot. méthanogène (m ³ CH ₄ /TMF) :	190
PCI à 16 % d'humidité (MWh/t) :	4,6

	valorisation	Gisement	Energie potentielle	Energie électrique	Energie thermique
		t	MWh	MWhe	MWhth
Wallonie	biometh.	148.758	282.641	104.577	127.188
	combustion		684.289		547.431
Brabant Wallon	biometh.	21.029	39.955	14.783	17.980
	combustion		96.732		77.386
Hainaut	biometh.	53.301	101.272	37.470	45.572
	combustion		245.184		196.147
Namur	biometh.	38.204	72.588	26.857	32.664
	combustion		175.738		140.591
Liège	biometh.	26.362	50.087	18.532	22.539
	combustion		121.263		97.011
Luxembourg	biometh.	9.862	18.739	6.933	8.432
	combustion		45.367		36.294

3 | Menue paille

La menue paille est composée des enveloppes de grains (glumes et glumelles), des débris de paille, et des graines d'adventices, obtenus durant la moisson. Sa récolte se fait en même temps que celle des pailles, c'est-à-dire en été. Elle menue paille est aisément stockable. La récolte de la menue paille est intéressante dans un contexte où le prix de la paille est élevé et/ou instable car l'on peut réaliser des



ballots plus denses ou, si elle est stockée séparément, la valoriser énergétiquement, comme fourrage, ou comme paillis. En outre, sa récolte permet de se débarrasser de graines d'adventices ou de la culture récoltée afin de limiter le salissement de la parcelle.

La récolte séparée de la menue paille pour sa valorisation énergétique s'effectue à l'aide d'un récupérateur de menue paille fixé à la moissonneuse (attention coût d'investissement et surplus de puissance moteur requis) ou bien à l'aide d'un séparateur de menue paille qui souffle celle-ci dans une remorque attenante. L'andain de menue paille est ensuite pressé en balles ou ramassé en vrac.

D'après l'étude de ValBiom sur la valorisation des menues pailles (ValBiom, 2013), la menue paille constitue un paillis de qualité, surtout en aviculture, tout comme un excellent substrat pour la biométhanisation. La menue paille pourrait dès lors être valorisée en biométhanisation directement ou après avoir été utilisée comme paillis (fumier). Cette seconde voie permet de récolter la menue paille dans le même andain que celui de la paille. La surcharge de travail (déchargement fréquent du récupérateur si grande superficie à moissonner, pressage, etc.) qui découle de la récolte séparée est ainsi fortement réduite.

Avec un PCI des menues pailles égal 4,1 kWh/kg (ValBiom, 2013), la valorisation comme combustible peut être très intéressante à condition de pouvoir valoriser la chaleur produite. Pour la combustion, la menue paille peut être récoltée en andains avec la paille ou séparément.

Le potentiel wallon est calculé en considérant un rendement de récupération de menue paille de 1,2 t/ha (0,5 à 2 t/ha selon les références) et la part mobilisable du gisement égale à 50 %.

Superficie (ha) :	185.948
rendement (tMF/ha) :	1,2
% mobilisable :	50
Pot. méthanogène (m ³ CH ₄ /tMF) :	210
PCI à 12,5 % d'humidité (MWh/t) :	4,1

	valorisation	Gisement	Energie potentielle	Energie électrique	Energie thermique
		t	MWh	MWhe	MWhth
Wallonie	biometh.	111.569	234.294	86.689	105.433
	combustion		457.432		365.946
Brabant Wallon	biometh.	15.772	33.120	12.255	14.904
	combustion		64.664		51.731
Hainaut	biometh.	39.976	83.949	31.061	37.777
	combustion		163.900		131.120
Namur	biometh.	28.653	60.171	22.263	27.077
	combustion		117.477		93.982
Liège	biometh.	19.771	41.520	15.362	18.684
	combustion		81.062		64.850
Luxembourg	biometh.	7.397	15.533	5.747	6.990
	combustion		30.327		24.262



4 | Issues de céréales

Les coopératives doivent fournir un grain propre de bonne qualité aux industriels avec qui ils ont des contrats. Les issues de céréales sont les poussières et écarts de triage qui sont produits lors du travail des grains de céréales et autres cultures. Elles contiennent un mix de froment, maïs, colza, etc. Les poussières sont récoltées périodiquement dans des chambres à poussière dans chaque dépôt et les résidus de triage (+ des poussières) sont récoltés tout au long de l'année dans les grandes plateformes de stockage où sont centralisés les grains récupérés par les coopératives dans toute la Wallonie.

La production d'écarts de triage est variable en fonction des coopératives car ces dernières ne trient pas forcément les mêmes proportions de grain pour des raisons logistiques et de critères de qualité. Toutefois, les productions de Wal.Agri et de la SCAM réunies fournissent une bonne idée de ce qui est produit en Wallonie car ces coopératives récupèrent 75 à 85 % des grains produits. La production annuelle d'issues produites par ces deux coopératives est de l'ordre de 2.500 t. Chez Wal.Agri, la production est essentiellement répartie entre Farciennes, Liège et Tournai.

Les issues sont actuellement vendues au plus offrant et partent principalement en biométhanisation. En outre, elles sont totalement disponibles car les parts de grains valorisables comme fourrage ne sont pas comptées dans les issues. Ces dernières sont donc les poussières et grains broyés dans lesquels se sont concentrées les traces de produits phytosanitaires et les éventuelles mycotoxines, ce qui les rend impropres à la consommation.

Les issues représentent un substrat très intéressant en biométhanisation grâce à leur potentiel méthanogène élevé ($285 \text{ m}^3_{\text{CH}_4}/\text{t}_{\text{MF}}$ selon MMER-GreenWatt (2012)). Ce dernier compense le fait que les issues sont disponibles en faible quantité. Les issues ont l'avantage d'être facilement transportables (17-18 t/camion) et stockables.

La valorisation par combustion est également possible car certaines personnes en mettent déjà dans leur chaudière. Il faut alors veiller à ce que les issues ne prennent pas l'humidité lors du stockage. Toutefois, les paramètres de combustion sont peu connus (PCI inconnu, estimé égal à la moyenne de celui des grains qui composent les issues, soit 4.7 MWh/t à 15 % d'humidité) et il y a une production importante de cendres. Ces cendres pourraient être intéressantes pour leur valeur fertilisante, et les coopératives pourraient être intéressées de brûler les issues in situ afin de récupérer la chaleur pour le séchage d'une part, et de pouvoir introduire les cendres dans leurs produits fertilisants et amendements, d'autre part. Cependant, dans l'état actuel des choses, cela est difficile car les cendres sont considérées comme déchet (potentiellement dangereux selon les cas). La loi actuelle ne permet donc pas leur valorisation directe sans étude d'impacts au cas par cas (CRA-w projet cendres, 2013). Il convient donc aux coopératives d'évaluer si leur production d'issues est suffisante que pour investir dans une chaudière et pour faire une demande d'autorisation pour la valorisation des cendres.



Quantité produite (t)	2.500
% mobilisable :	100
Pot. méthanogène (m ³ CH ₄ /tMF) :	285
PCI à 15 % d'humidité (MWh/t)	4,7

	valorisation	Gisement mobilisable	Energie potentielle	Energie électrique	Energie thermique
	/	t	MWh	MWhe	MWhth
Wallonie	biometh.	2.500	7125	2.636	3.206
	combustion		11.750		9.400

5 | Résidus de maïs grain

La culture de maïs pour le grain représente une superficie relativement petite mais en croissance, en Wallonie. On la retrouve presque exclusivement en Région sablo-limoneuse et en Région limoneuse. Cette culture produit une quantité importante de paille (tiges, feuilles et spathes) généralement hachée et laissée au sol, et aussi de rafles (axe central de l'épi). Ces dernières sont aussi laissées sur place, excepté dans les cultures de maïs épi broyé.

Ces coproduits ont tout intérêt à être valorisés pour deux raisons ; d'une part, la valorisation seule de la graine n'est pas toujours rentable en raison des besoins de séchage nécessaires certaines années. Une valorisation du reste de la plante permet d'améliorer la rentabilité de la culture. D'autre part, il est souvent considéré que les résidus de maïs grain sont gênants car leur dégradation est très lente. En effet, il n'est pas rare de retrouver des résidus de maïs, principalement les chaumes, dans le sol un an voire deux ans après la récolte (SPW-DAEA, communication personnelle). Ces résidus sont donc gênants si la terre doit être travaillée finement pour le semis de la culture suivante (betterave par exemple).

Il faut néanmoins noter que les conditions de pénétration au champ peuvent être mauvaises à l'époque de la récolte de maïs et il y a donc risque d'endommager le sol avec le passage d'une benne supplémentaire.

Le projet DEXPLIMAR porté par GreenWin et Wal.Agri vise à caractériser les modalités de récolte et de stockage des résidus de maïs grain pour produire des résines à base de lignine plutôt qu'avec du pétrole. Le projet arrive à son terme et les résultats seront publiés dans le courant de l'année 2015. Des informations précises viendront donc compléter cette pré-étude VECICO dans les prochains mois⁵.

En attendant, si l'on considère un rendement de 13 t/ha (8,5 t_{MS}/ha à environ 65 % d'humidité), et la récolte de 50 % des résidus, une production potentielle d'énergie primaire de l'ordre de 34.000 MWh grâce aux pailles valorisée en biométhanisation est possible (Wal.Agri, communication personnelle ; MMER-GreenWatt, 2012). En combustion, le potentiel énergétique primaire grimpe à 103.000 MWh (ADEME 2006).

⁵ De nombreux documents existent sur la récupération des résidus de maïs aux Etats-Unis principalement. Les données référencées dans ces documents sont difficilement transposables à la Wallonie car la culture de maïs aux Etats-Unis est beaucoup plus spécialisée, souvent en monoculture, et souvent sans labour. Les rendements, quantité de matière pouvant être exportée du champ sans atteinte à la fertilité du sol, et bien sûr les besoins en temps et les coûts sont donc fort différents. Il vaut mieux attendre les résultats du projet DEXPLIMAR pour se donner une idée plus réaliste du potentiel wallon.

Superficie (ha) :	7.893
Rendement (tMF/ha) :	13
% mobilisable :	50
Pot. méthanogène (m ³ CH ₄ /tMF) :	67
PCI à 65 % d'humidité (MWh/t) :	2

	valorisation	Gisement	Energie potentielle	Energie électrique	Energie thermique
	/	t	MWh	MWhe	MWth
Wallonie	biometh.	51.305	34.374	12.718	15.468
	combustion		102.609		82.087
Brabant Wallon	biometh.	14.183	9.503	3.516	4.276
	combustion		28.366		7.602
Hainaut	biometh.	31.480	21.091	7.804	9.491
	combustion		62.959		50.367
Namur	biometh.	3.049	2.042	756	919
	combustion		6.097		4.878
Liège	biometh.	2.321	1.555	575	700
	combustion		4.641		3.713
Luxembourg	biometh.	273	183	68	82
	combustion		546		437

Remarque : l'idée d'utiliser la paille de maïs pour absorber les jus de feuilles de betteraves (voir ci-après) ne semble pas intéressante car cette paille est déjà relativement humide.

6 | Feuilles de betteraves et de pommes de terre

Les feuilles de betteraves et de pommes de terre semblent être des coproduits très prometteurs pour la valorisation énergétique tant la biomasse générée est importante. En effet, les pommes de terre produisent 7,5 t_{MF}/ha et les betteraves en produisent 40. Le gisement est donc potentiellement considérable. Toutefois, de nombreux facteurs limitent la valorisation énergétique de ces coproduits.

Premièrement, la *valorisation par combustion* des feuilles de betteraves et de pommes de terre est très peu recommandée en raison du très haut contenu en eau de ces coproduits. La *biométhanisation* est donc plus intéressante, même si cette teneur en eau peut également poser problème pour le stockage.

Deuxièmement, les **feuilles de pommes de terre** sont considérées comme inutilisables car l'on utilise des défolians avant la récolte des pommes de terre pour faciliter le travail. Les feuilles sont donc détruites au champ. On pourrait envisager de récolter les feuilles plutôt que de les tuer chimiquement mais cette technique pose le risque d'abimer les buttes à cause de la benne de réception des feuilles. Les feuilles de pommes de terre ne seront donc pas considérées.

Enfin, en ce qui concerne les **betteraves**, les techniques de récolte des racines ont évolué pour qu'aujourd'hui, un seul homme soit nécessaire pour assurer toute la récolte. Ainsi, une même machine se charge d'arracher les racines et pré-hache les feuilles qui sont renvoyées au sol. La récolte des feuilles, elle, impliquerait le travail d'une personne de plus afin de conduire la benne réceptrice des feuilles et un risque plus important de détériorer le champ.

Cependant, la technique existe car elle était autrefois pratiquée, mais la plupart des cultivateurs de betteraves ont investi dans une machine qui pré-hache les feuilles. Il est peu probable que ces



personnes reviennent à un ancien système, d'une part parce qu'elles doivent rentabiliser leur nouvelle machine, et d'autre part parce que la main d'œuvre coûte très cher. En outre, les agriculteurs qui possèdent encore un équipement adapté à la récolte de betterave risquent de ne pas continuer avec ce système lorsque leur machine tombera en panne.

La récolte de feuilles doit donc devenir fortement rémunératrice pour devenir intéressante pour les agriculteurs. Un calcul technico-économique plus poussé mérite d'être réalisé tant le potentiel de gisement est grand.

En outre, les feuilles de betteraves posent problème au stockage à cause de leur forte teneur en eau (près de 90 %). Mises en silo, elles produisent un jus qui pourrit et émet de mauvaises odeurs. Il est cependant possible de les stocker en silo avec un substrat « éponge », plus riche en matière sèche, qui pourra absorber les jus.

C'est ce que fait actuellement la coopérative Biogaz du Haut Geer chez qui des feuilles de betteraves recouvrent un silo de maïs (qui ne doit plus être recouvert d'une bâche). Toutefois, ces feuilles noircissent vite et l'intérêt pour la biométhanisation n'est pas garanti. D'après le responsable d'approvisionnement de la coopérative, l'achat de feuilles de betteraves est tout juste rentable et ne se fait que de façon mineure dans le cadre des contrats maïs avec des agriculteurs environnants (Coopérative Biogaz du Haut Geer, communication personnelle).

Il est donc difficile de s'approvisionner avec des feuilles de betteraves mais leur utilisation n'est pas à bannir. Les biométhaniseurs peuvent se servir de lots frais en saison (octobre-novembre) et stocker une partie en couche dans des silos de maïs. Des technologies de stockage adaptées peuvent également voir le jour. Toutefois à court terme, l'utilisation des feuilles de betteraves se limitera à (une partie de) la production faite sur l'exploitation des biométhaniseurs.

Pour cette étude, la part mobilisable du gisement total est estimée à 5 % (choix arbitraire). Ce chiffre pourrait fortement augmenter à l'avenir, en fonction des techniques de stockage et de l'évolution du coût de récolte.

Superficie (ha) :	39.754
Rendement (tMF/ha) :	40
% mobilisable :	5
Pot. méthanogène (m ³ CH ₄ /tMF) :	54,7

	valorisation	Gisement mobilisable	Energie potentielle	Energie électrique	Energie thermique
	/	t	MWh	MWhe	MWhth
Wallonie		79.508	43.491	16.092	19.571
Brabant Wallon		15.492	8.474	3.135	3.813
Hainaut		32.198	17.612	6.517	7.926
Namur	biometh.	15.676	8.575	3.173	3.859
Liège		15.822	8.655	3.202	3.895
Luxembourg		3.220	1.761	652	793



7 | Herbe

En Wallonie, l'herbe (généralement un ray-grass italien) est produite en grande quantité en raison des conditions pédoclimatiques propices à sa culture et à l'élevage de bovins. Sur prairies permanentes ou temporaires, on la fauche trois à quatre fois par an, en fonction des conditions météorologiques (plus ou moins bonne productivité) et du type de bovins élevés. En effet, les bovins laitiers sont généralement nourris avec de l'herbe ensilée qui peut être récoltée relativement humide alors que les bovins allaitants sont généralement nourris avec de l'herbe enrubannée, plus riche en fibres, qui doit sécher quelques jours avant d'être mise en ballots. La date de première coupe varie donc d'une année à l'autre et d'un élevage à l'autre. Les coupes suivantes, environ toutes les 6 semaines, dépendront des mêmes facteurs.

La **troisième coupe** plus ou moins tardive et la **quatrième coupe** si elle a lieu, sont de moindre qualité pour le fourrage car l'herbe a bénéficié d'un ensoleillement plus réduit et elle est riche en azote, suite à la minéralisation accrue dès le mois d'août. En outre, les agriculteurs-éleveurs doivent faucher cette herbe plutôt que de la laisser sans traitement car une herbe trop haute en hiver favorise la prolifération de ravageurs et risque de dégrader la parcelle pour l'année suivante. Il y a donc une production d'herbe récoltée d'office qui est disponible pour la valorisation énergétique sans porter atteinte à la production de fourrage, sauf si l'année a été mauvaise et que les éleveurs abaissent leur exigence vis-à-vis de la qualité du fourrage.

Le potentiel est encore plus élevé lorsqu'on sait que certains éleveurs se débarrassent de leurs bêtes, sans toutefois vouloir vendre leur terre (prairie permanente) et que certains agriculteurs possèdent des bêtes « malgré eux » car ils ont des terres trop pentues que pour pouvoir être labourées (Fourrages Mieux ; SPW-DAEA, communications personnelles). Ces prairies pourraient donc être destinées à la production d'herbe à 100 % pour la valorisation énergétique, à condition que le prix du ballot dépasse celui de la valorisation fourrage. Cette option n'est toutefois à envisager que les bonnes années sans quoi elle porterait fortement atteinte à l'alimentation animale.

La meilleure valorisation énergétique de l'herbe est la biométhanisation car elle permet de la valoriser sous forme d'ensilage, donc sans séchage, car le préfané ou le foin demandent plus de travail et sont plus difficiles à produire (besoins d'une succession de jours secs après la fauche). En outre, le foin est très prisé et ne pourra pas être détourné pour la valorisation énergétique sans porter concurrence à l'alimentation animale. La combustion n'est donc pas à envisager, sauf exceptions. La biométhanisation, elle, permet d'utiliser l'herbe à moindre charge de travail, ce qui arrange les producteurs, et à moindre coût, ce qui arrange les biométhaniseurs.

Si l'on considère une surface destinée à la fauche de 146.899 ha (SPW-DGO3, 2013a) et un potentiel mobilisable de 70 % pour tenir compte de la valorisation fourrage de la matière les mauvaises années (hypothèse : une année sur trois), il serait possible de produire annuellement 308.488 t d'herbe à valoriser en biométhanisation. Cela représente un potentiel énergétique primaire de 308.488 MWh, principalement concentré dans la province de Liège (10 % des prairies temporaires et 46 % des prairies permanentes fauchées, soit 58.303 ha d'herbe fauchée) et la province du Luxembourg (53 % des prairies temporaires et 25 % des prairies permanentes fauchées, soit 43.730 ha d'herbe fauchée). Peu d'herbe est fauchée dans le Brabant Wallon (2.842 ha).

Remarque : Il est très difficile d'estimer la part des prairies temporaires et permanentes qui sont effectivement fauchées, et davantage pour les prairies fauchées en 3^{ème} ou 4^{ème} coupe. La superficie considérée ici est celle qui figure dans le recensement agricole de 2013, sans qu'il ne soit certain que l'entièreté de cette superficie soit fauchée et non pâturée en fin d'été (correspondance avec les coupes moins intéressantes pour le fourrage). **Le gisement potentiel et l'énergie primaire qu'il contient sont peut-être surestimés.**



Superficie (ha) : 146.899

Rendement (tMF/ha) : 3

% mobilisable : 70

Pot. méthanogène (m³CH₄/tMF) : 100

	valorisation	Gisement mobilisable	Energie potentielle	Energie électrique	Energie thermique
	/	t	MWh	MWhe	MWhth
Wallonie	biometh.	308.488	308.488	114.141	138.820



8 | Conclusion sur les coproduits agricoles

Coproduit	Lieu	Valorisation	Gisement mobilisable		Energie potentielle	
			t		GWh primaire	
			Lisier	Fumier	Lisier	Fumier
Bovins	Wallonie		3.830.815	2.768.421	383	747
	Brabant Wallon	B	152.048	122.989	15	33
	Hainaut	i	1.034.387	692.957	103	187
	Namur	o	691.930	572.897	69	155
	Liège	m	1.072.051	538.758	107	145
	Luxembourg	é	887.720	849.607	89	229
Porcs	Wallonie	t	176.021	30.352	18	11
	Brabant Wallon	h	15.177	2.090	2	1
	Hainaut	a	63.238	8.739	6	3
	Namur	n	43.973	4.128	4	1
	Liège	i	41.492	8.330	4	3
	Luxembourg	s	9.411	5.910	1	2
Poules pondeuses et poulets de chair	Wallonie	a	48.145	12.055	20	5
	Brabant Wallon	t	3.092	713	1	0
	Hainaut	i	21.550	4.269	9	2
	Namur	o	7.623	3.265	3	1
	Liège	n	7.409	2.377	3	1
	Luxembourg		8.470	1.431	4	1
Total coproduits d'élevage			4.054.981	2.810.829	421	763

➡ **Les effluents d'élevage représentent un énorme potentiel pour la production d'énergie renouvelable en Wallonie.** En effet, malgré leur potentiel méthanogène limité, les effluents d'élevage sont produits en très grande quantité et sont majoritairement disponibles pour une valorisation énergétique.

La biométhanisation est la meilleure manière de valoriser ces coproduits car elle produit du digestat qui peut être épandu sur les terres, en substitut aux effluents bruts. Les effluents d'élevage sont donc une excellente ration de base pour les digesteurs et certaines installations peuvent même n'être alimentées que par eux.

Le potentiel énergétique le plus important est sans surprise celui dérivé des effluents de bovins car ceux-ci sont plus nombreux et produisent plus d'effluents par bête. Le fumier, bien qu'il soit produit en plus faible quantité, représente un plus gros potentiel que le lisier car la paille rehausse le potentiel méthanogène du substrat. **Attention toutefois, les chiffres concernant les bovins sont à considérer avec précaution car on ne connaît pas la répartition lisier-fumier exacte.**

Quelle que soit l'espèce considérée, la province du Hainaut est la province où l'on produit le plus d'effluents par type de production.

➡ **Les autres coproduits représentent également un énorme potentiel de production d'énergie, surtout via la valorisation des pailles et menues pailles qui ont un pouvoir méthanogène et un pouvoir calorifique très élevés, et sont produites en quantités importantes.** Le potentiel considéré ici tient compte tant que faire se peut des modes valorisations possibles des matières premières tels que l'alimentation humaine, l'élevage (alimentation, litière) et le maintien de la fertilité du sol. **Les chiffres qui figurent ici s'approchent donc de ce qui pourrait réellement être produit à condition de mettre en**



place des systèmes de récolte adaptés et de développer les réseaux de valorisation énergétique.

Le gisement d'herbe semble toutefois surévalué. En effet, il a été calculé sur base des superficies fauchées mais il n'est pas garanti que toutes ces terres soient effectivement fauchées en troisième ou quatrième coupe. S'il s'avérait que ce gisement n'était pas surévalué, le potentiel énergétique de l'herbe serait considérable.

A nouveau, la province du Hainaut est celle où le plus de coproduits sont produits car on y réalise surtout des grandes cultures, dont celle de céréales qui renferment un gros potentiel énergétique grâce à leur richesse en matières cellulosiques, et une teneur en matière sèche élevée (propice à la combustion). Les autres provinces ont aussi un bon potentiel grâce à leurs productions de céréales ou d'herbe respectives.

Coproduit	Lieu	Gisement mobilisable t	Energie potentielle GWh primaire	
			Biometh.	Combustion
Paille	Wallonie	148.758	283	684
	Brabant Wallon	21.029	40	97
	Hainaut	53.301	101	245
	Namur	38.204	73	176
	Liège	26.362	50	121
	Luxembourg	9.862	19	45
Menue paille	Wallonie	111.569	234	457
	Brabant Wallon	15.772	33	64
	Hainaut	39.976	84	164
	Namur	28.653	60	117
	Liège	19.771	42	81
	Luxembourg	7.397	16	30
Issues de céréales	Wallonie	2.500	7	12
Paille de colza	Wallonie	13.527	19	-
Résidus de maïs grain	Wallonie	51.305	34	103
	Brabant Wallon	14.183	10	28
	Hainaut	31.480	21	63
	Namur	3.049	2	6
	Liège	2.321	2	5
	Luxembourg	273	0	1
Feuilles de betteraves à sucre et fourragères	Wallonie	79.508	43	-
	BW	15.492	8	-
	Hainaut	32.198	18	-
	Namur	15.676	9	-
	Liège	15.822	9	-
	Luxembourg	3.220	2	-
Herbe fauchée de 3ème et 4ème coupe	Wallonie	308.488	308	-
Total coproduits cultures			928	1.153



Conclusion

Ce document rassemble les connaissances actuelles sur les cultures intermédiaires et les coproduits agricoles qu'il y aurait moyen de produire ou récolter pour une valorisation énergétique. Il ressort de ce document que **la Wallonie possède un potentiel non négligeable de production de bioénergie à partir de biomasse agricole, à condition de développer un réseau d'échange et de valorisation de cette biomasse.**

Etant donné la teneur en eau généralement élevée de la biomasse agricole, CI ou CO, la biométhanisation semble être la meilleure manière de transformer ces matières en énergie.


En effet, la biométhanisation a de nombreux avantages dont le fait que les matières premières n'ont pas besoin d'être prétraitées, si ce n'est d'être ensilées fraîches pour le stockage. Cette caractéristique confère l'avantage d'épargner du temps lors de la récolte (exemple, pas besoin de faire sécher l'herbe plusieurs jours pour en faire du foin, un simple ensilage d'herbe fraîche suffit) et donc de limiter les coûts des matières premières.

Un autre gros avantage de la biométhanisation est que l'un des deux produits finaux, le digestat, est un amendement de haute qualité qui peut être épandu sur les terres de culture pour ramener une bonne partie du carbone exporté, dont la totalité du carbone stable formant l'humus, qui autrement aurait été perdu au risque d'appauvrir le sol. Certes, la production de CO₂ et de CH₄ lors de la biométhanisation diminue le stock de carbone restituable au sol, mais ces pertes sont jugées plus ou moins égales à celles subies lorsque les coproduits sont laissés au sol, puisqu'ils sont dérivés du carbone instable de la matière. Il faut aussi noter qu'une partie des résidus de culture, dont les racines, ne seront jamais exportés et continueront à fournir du carbone instable au sol et à sa vie microbienne. On peut toutefois envisager de veiller au maintien de la fertilité du sol sur le long terme par des analyses régulières afin de garantir la pérennité des cultures et de l'utilisation des CI et CO.

La **combustion** offre des potentiels de production d'énergie très élevés sous forme de chaleur (plus que via biométhanisation) pour les coproduits riches en matière sèche. Pour ces matières premières, un mix d'utilisation biométhanisation vs. combustion pourrait voir le jour, pour les valoriser au mieux en fonction des besoins.

En règle générale, les aspects économiques sont peu discutés dans cette pré-étude tant il est difficile d'obtenir des données généralisables. Ces aspects devront être approfondis à l'avenir, car ils conditionnent l'utilisation de CI et CO et le mode de valorisation (biométhanisation, combustion, ou maintien au sol). Toutefois, pour apporter des chiffres fiables, il faudra réaliser ces études au cas par cas ou du moins à des niveaux restreints, et avec des objectifs précis, car de nombreux paramètres interviennent.

Les **cultures intermédiaires à vocation énergétique** sont actuellement peu voire non existantes en Wallonie pour diverses raisons, notamment les conditions climatiques qui limitent le potentiel de développement de biomasse durant le temps d'interculture. En outre, dans l'état actuel des connaissances et des prix de l'énergie et des matières premières, la culture de CIVEs est peu attrayante pour les agriculteurs car elle engendre une surcharge de travail et des coûts qui ne seront pas forcément couverts par la vente de la biomasse produite.

 Dans un premier temps, les CIVEs ne sont donc à considérer que pour les biométhaniseurs possédant des terres et qui ont besoin d'un appoint pour alimenter leur digesteur. Des essais sont en



cours afin de parfaire les connaissances et d'améliorer la rentabilité de ces cultures ; meilleur mélange, meilleur itinéraire technique, plus grande disponibilité des semences, plus grande productivité, etc.

Les **coproduits agricoles**, eux, sont produits dans tous les cas et font pour certains déjà partie d'une filière de valorisation. Caractériser les productions, les flux de matière et les parts disponibles pour une valorisation énergétique n'est pas toujours chose aisée mais des gisements disponibles peuvent être estimés grossièrement.

➡ Les effluents d'élevage et les issues de céréales, considérés comme déchets, pourraient entièrement passer en valorisation énergétique. Par contre, des coproduits tels que la paille ou l'herbe sont fortement demandés en élevage. Leur valorisation énergétique pourrait donc poser problème de concurrence certaines années. D'autres coproduits comme les feuilles de betteraves ou à nouveau les pailles sont habituellement laissés au sol afin de maintenir la fertilité du sol. Leur exportation sans retour peut alors porter préjudice sur le long terme si un contrôle n'est pas appliqué. Toutefois, avec la biométhanisation et le retour de digestat, ce problème devrait être évité. Ce mode de valorisation semble donc le meilleur mode de valorisation des coproduits agricoles. **Si les gisements évalués sont corrects, le potentiel énergétique est de l'ordre de 2.000 GWh primaires.**

La généralisation de la valorisation énergétique des coproduits agricoles, même raisonnée, ne se fera donc sans doute pas rapidement, tant les facteurs d'influence sont nombreux. Parmi ces facteurs, il faut souligner la composante psychologique qui empêche de modifier brusquement les filières installées. Toutefois, une juste balance d'utilisation peut voir le jour et sera même indispensable lorsque les énergies fossiles se raréfieront. Au vu du gisement estimé dans cette étude, il semble évident que l'utilisation de coproduits agricoles peut constituer un complément considérable pour alimenter des filières énergétiques. Les connaissances actuelles sur l'utilisation des coproduits agricoles en biométhanisation sont relativement développées, moins en combustion. Pourtant, ce mode de valorisation énergétique peut être intéressant pour les coproduits secs comme la paille, la menue paille, et les issues de céréales, à condition que les cendres, mâchefers et émissions de particules ou gaz à effet de serre soient maîtrisés et valorisés.

Enfin, pour aller plus loin, il faudra développer les connaissances sur les productions, les modalités technico-pratiques de la récolte et de l'échange des coproduits agricoles, les coûts, et les flux d'utilisation dans le contexte wallon.

Des informations viendront compléter ce rapport pour les résidus de maïs grain et l'exportation de biomasse vis-à-vis de la fertilité du sol, lorsque les conclusions du projet DEXPLIMAR (GreenWin-Wal.Agri) et des essais de GxABT seront publiés. Il serait intéressant de mener une enquête auprès d'agriculteurs du Nord de la France ou du reste de l'Europe pour évaluer la surcharge de travail, évaluer les retours d'expérience, et dans une moindre mesure, pour avoir une idée des coûts liés à la production de CIVEs ou à la récolte des coproduits agricoles.



Références

- Abras, M., Destain, J.P., & Planchon, V. (2013). Projet cendres : Etude relative à l'utilisation des cendres de combustion de bois en agriculture et en sylviculture. Centre wallon de Recherches Agronomiques.
- Arvalis/Onidol. Céline Laboubée. (2007). Retour au sol des matières organiques nécessaire à leur maintien en état en sols agricoles. p.31-32.
- Béline, F., Girault, R., Peu, P., Trémier, A., Tégli, C., & Dabert, P. (2012). Enjeux et perspectives pour le développement de la méthanisation agricole en France. Sciences Eaux & Territoires, 2, (7). p34-43.
- Bodineau, L., & Pouet, J-C. (2006). Etude bibliographique sur la combustion de cultures annuelles (blé, paille, maïs). ADEME.
- Bodson Bernard, GxABT. Communication personnelle, le 23/09/2014
- Bouquiaux Jean-Marie, SPW. Communication personnelle, le 01/10/2014
- Breton Jérôme, entrepreneur indépendant biométhanisation. Communication personnelle, le 24/7/2014
- Cartier-Michaud Gaël, Caussade semences. Communication personnelle, le 25/08/2014
- CRA-w. (2013). Delcour A., Van Stappen F., Gheysens S., Decruyenaere V., Stilmant D., Burny P., Rabier F., Louppe H., & Goffart J-P. (2013). Etat des lieux des flux céréaliers en Wallonie selon différentes filières d'utilisation. Biotechnol. Agron. Soc. Environ., 18 (2), 181-192.
- Decaigny Sylvie, Raffinerie tirlémontoise. Communication personnelle, le 23/7/2014
- De Toffoli, M., Decamps, C., Imbrecht, O., & Lambert, R., (2012). Cultures intermédiaires piège à nitrate : Evaluation de la capacité de cultures intermédiaires à piéger l'azote et à produire un fourrage ; Synthèse des résultats des expérimentations 2009-2012. Université catholique de Louvain.
- Edora. (2011). Livre vert sur la production de biogaz et de fertilisants verts en Wallonie.
- Greenotec. Site Internet consulté le 15/10/2014.
- Guns André, Agence Wallonne pour l'Air et le Climat (AWAC). Communication personnelle, le 15/10/2014
- Hick Christian, FWA. Communication personnelle, le 22/7/2014
- Jacquet Michel, FACw – AWE. Communication personnelle, le 15/7/2014
- Knoden David, Fourrages-Mieux. Communication personnelle, le 08/10/2014
- Livre Blanc – Céréales, 2012. DGO3, GemblouxABT, CRA-w, & CEPICOP.
- Mengal Philippe, GreenWin. Communication personnelle, le 06/08/2014
- Merchier Maxime, Greenotec. Communication personnelle, le 12/08/2014
- MMER (Maison de la Mehaigne et de l'environnement rural) – GreenWatt. (2012). Etudes du potentiel d'installation d'unités de biométhanisation sur le territoire du Pays Burdinale Mehaigne.
- Optabiom, 2011. Bien choisir sa culture dérobée. Agro-Transfert Ressources et Territoires, Chambre d'Agriculture de la Somme.
- Petit Pascal, SPW-Protection des sols. Communication personnelle, le 21/10/2014
- Piazzalunga, G., Planchon, V., Oger, R., Luxen, P., & Godden, B. (2012). Évaluation des flux d'éléments contaminants liés aux matières fertilisantes épandues sur les sols agricoles en Wallonie. Rapport final.
- Planchon Viviane, CRAw. Communication personnelle, le 15/10/2014
- Roiseux Olivier, WalAgri. Communication personnelle, le 25/08/2014
- Schmitt Mathieu, GreenWatt. Communication personnelle, le 30/7/2014
- Sillon belge. (2013). Evolution du prix de la paille de froment en gros ballots.
- SPW, DGO3. (2013a). Recensement agricole de mai 2013.
- SPW, DGO3. (2013b). Evaluation Environnementale Stratégique (EES) du Programme de Gestion Durable de l'Azote (PGDA) : ANNEXES. p.46-48.
- SPW, DGO3. (2014). Consulté le 28/10/2014 http://agriculture.wallonie.be/apps/spip_wolwin/IMG/pdf/verdissement-pac-2014.pdf
- Stévert Adrien, Coopérative Biogaz du Haut Geer. Communication personnelle, le 06/10/2014
- ValBiom, Laurent Somer. (2013). Valorisation potentielle de la menue paille en Belgique.
- Van Daele Pierre, AWE. Communication personnelle, le 21/10/2014
- Wagemans France, SCAM. Communication personnelle, le 17/10/2014
- Wouez Dimitri, Nitrawal. Communication personnelle, le 16/10/2014



Contact

Livia Spezzani

Chef de projet – Energie à la ferme et Bioénergies

t 081 62 71 93

m 0499 23 55 12

l.spezzani@valbiom.be

