



NOV.  
2016

---

# MOBILISATION DE LA BIOMASSE AGRICOLE

---

Etat de l'art et  
Analyse prospective

---

**RAPPORT FINAL**

**ADEME**



Agence de l'Environnement  
et de la Maîtrise de l'Energie

En partenariat avec : **Deloitte.**



**ALTEERRA**

WAGENINGEN UR

## REMERCIEMENTS

Ce rapport a été réalisé par Deloitte Développement Durable (Marion Sarteel, Claire Mathot, Arnaud Ladepeche, Clément Tostivint, Sébastien Soleille), AILE (Armelle Damiano, Aurélie Leplus, Marc Le Treïis) et Alterra (Berien Elbersen, Raymond Schrijver), sous la coordination de Marc Bardinal de l'ADEME.

Les auteurs de l'étude tiennent à remercier les membres du Comité de Pilotage de l'étude :

- Marc Bardinal – Service Agriculture-forêts – Direction Productions et Énergies Durables – Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
- Jérôme Mousset - Service Agriculture-forêts – Direction Productions et Énergies Durables – Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
- Jonathan Hesse – Direction Générale de l'Énergie et du Climat - Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer
- Léa Molinié, Bureau de la biomasse et de l'énergie - Ministère de l'Agriculture
- Philippe Bonard et Tarek Mhiri, France AgriMer
- Guillaume Bastide – Services Mobilisation et Valorisation des Déchets – Direction Economie Circulaire et Déchets - Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
- Alice Fautrad – Services Bioressources - Direction Productions et Énergies Durables – Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

Nous remercions également toutes les personnes ayant participé à cette étude, au sein de l'ensemble des autres organismes consultés, pour leur implication et leur contribution à cette mission : François-Xavier Babin (Fédération des CUMA de Basse-Normandie), Aurore Bescond (FNSEA), Pierre Bono (Fibres Recherche et Développement), Gildas Cotten (AGPM/AGPB), Luc Delaby (INRA), Cyril Flamin (Coopénergie), Sabrina Fusiliez (SER), Philippe Guillet (APCA), Marie Loyaux (Pôle IAR), Sylvain Marsac (GIE Arvalis/UNIDOL), Elodie N'guyen (RMT Biomasse), Camille Poutrin (Coop de France), Marie-Laure Savouré-Guy (Agro-Transfert Ressources et Territoires) et Philippe Touchais (APCA).

## CITATION DE CE RAPPORT

**ADEME, Deloitte Développement Durable, Association d'Initiatives Locales pour l'Énergie et l'Environnement (AILE), Alterra Wageningen. 2017.** Biomasse agricole : état de l'art et analyse prospective, 186 p.

Cet ouvrage est disponible en ligne [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr) , rubrique Médiathèque

(<http://www.ademe.fr/mediatheque>)

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

**Ce document est diffusé par l'ADEME**

20, avenue du Grésillé  
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

**Numéro de contrat : 1560C0009**

**Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par :** Deloitte  
Développement Durable, AILE, Alterra

**Coordination technique - ADEME :** BARDINAL Marc, Ingénieur  
Energie, biomasse, innovation  
Direction Productions et Energies Durables Service Forêt,  
Alimentation, Bioéconomie

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (Art L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (Art L 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

## Table des matières

<b>Table des matières</b> .....	<b>4</b>
<b>Liste des figures</b> .....	<b>6</b>
<b>Liste des tableaux</b> .....	<b>7</b>
<b>Liste des encadrés</b> .....	<b>8</b>
<b>1. Introduction générale</b> .....	<b>9</b>
1.1. Contexte de l'étude .....	9
1.1.1. L'atteinte des objectifs de production d'énergie renouvelable, un défi pour la biomasse agricole en France ? .....	9
1.1.2. La contribution encore insuffisante de la biomasse agricole aux objectifs nationaux de production .....	9
1.1.3. La filière française peut bénéficier du retour d'expérience des autres États membres .....	10
1.1.4. La biomasse agricole, une ressource théoriquement significative, dont la disponibilité en pratique reste méconnue et la mobilisation difficile .....	10
1.2. Objectifs de l'étude .....	11
<b>2. Méthodologie</b> .....	<b>12</b>
2.1. Champ de l'étude .....	12
2.2. Déroulement de l'étude .....	12
<b>3. Analyse de la ressource disponible en France</b> .....	<b>13</b>
3.1. Effluents d'élevage .....	13
3.2. Résidus de cultures annuelles .....	20
3.3. Issues de silos .....	37
3.4. Résidus de cultures pérennes .....	45
3.5. Haies et agroforesterie .....	55
3.6. Cultures annuelles et intermédiaires dédiées .....	66
3.7. Surface en herbe .....	81
3.8. Lin et chanvre .....	88
3.9. Cultures pérennes .....	100
3.10. Synthèse : Mobilisation de la biomasse agricole en France aujourd'hui .....	106
3.10.1. Biomasse agricole disponible, mobilisable et mobilisée aujourd'hui .....	106
3.10.2. Enjeux de la mobilisation de la biomasse .....	107
<b>4. Prospective à l'horizon 2035</b> .....	<b>109</b>
4.1. Facteurs influençant la disponibilité et la mobilisation de la biomasse .....	109
4.1.1. Objectifs politiques en termes d'énergie, d'alimentation et de matières en lien avec la biomasse agricole .....	109
4.1.2. Evolution de la demande en énergie, alimentation et matière .....	110
4.2. Evolution prospective de la mobilisation de la biomasse agricole .....	111
4.2.1. Hypothèses associées aux différents scénarios .....	111
4.2.2. Estimation de la mobilisation de la biomasse à l'horizon 2035 et analyse .....	118
<b>5. Situation dans différents pays de l'Union européenne</b> .....	<b>121</b>

5.1.	Choix des pays étudiés .....	121
5.2.	Données clés des pays étudiés .....	121
5.3.	Allemagne.....	122
5.3.1.	Etat de la mobilisation de la biomasse agricole .....	123
5.3.2.	Stratégie et politiques publiques.....	127
5.4.	Italie .....	133
5.4.1.	État de la mobilisation de la biomasse agricole .....	133
5.4.2.	Stratégie et politiques publiques.....	136
5.5.	Pays Bas.....	141
5.5.1.	État de la mobilisation de la biomasse agricole .....	142
5.5.2.	Stratégie et politiques publiques.....	145
5.6.	Royaume-Uni.....	152
5.6.1.	État de la mobilisation de la biomasse agricole .....	152
5.6.2.	Stratégie et politiques publiques.....	156
5.7.	Synthèse des enseignements tirés de l'étude des stratégies de mobilisation de la biomasse dans quatre pays d'Europe.....	161
5.7.1.	Contextes nationaux et état de la mobilisation de la biomasse agricole.....	161
5.7.2.	Principaux freins au développement de la mobilisation de la biomasse agricole .....	161
5.7.3.	Stratégies et politiques publiques.....	162
<b>6.</b>	<b>Recommandations opérationnelles : cinq leviers pour une mobilisation efficace de la biomasse agricole.....</b>	<b>163</b>
6.1.	Recherche et développement.....	163
6.2.	Développement de nouveaux instruments politiques et adaptation des instruments existants .....	164
6.3.	Capitalisation des connaissances et des bonnes pratiques.....	164
6.4.	Formation et sensibilisation .....	165
6.5.	Construire la durabilité des filières .....	166
<b>7.</b>	<b>Conclusion : Construire le chemin vers une mobilisation de la biomasse agricole à haute valeur ajoutée .....</b>	<b>167</b>
7.1.	Orientations stratégiques.....	167
7.2.	Trois défis structurels pour une mobilisation massive de la biomasse agricole.....	167
	<b>Bibliographie.....</b>	<b>169</b>

## Liste des figures

Figure 1 : Méthodologie du projet.....	12
Figure 2 : Estimation régionale de la ressource disponible en paille de céréales .....	24
Figure 3 : Estimation régionale de la ressource disponible en cannes de maïs .....	24
Figure 4 : Estimation régionale de la ressource brute disponible en paille d'oléagineux.....	25
Figure 5 Estimation régionale de la ressource disponible en issues de silos .....	39
Figure 6 : Estimation régionale de la ressource disponible en sarments et ceps de vigne .....	47
Figure 7 : Estimation régionale de la ressource disponible en bois de vergers.....	47
Figure 8 : Estimation régionale de la ressource disponible en paille de lin fibre .....	92
Figure 9 : Estimation régionale de la ressource disponible en paille de lin oléagineux .....	92
Figure 10 : Estimation régionale de la ressource disponible en paille de chanvre .....	93
Figure 11 : Vision de l'ADEME 2012 concernant la consommation d'énergie et la part des énergies renouvelables pour 2030 et 2050 .....	110

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Biomasse agricole disponible, potentiellement mobilisable et réellement mobilisée (en 2016) ..	106
Tableau 2 : Biomasse agricole réellement mobilisée à l'heure actuelle par usage .....	107
Tableau 3 : Besoins en biomasse agricole pour un usage énergie, matériaux et chimie à horizon 2030/2035 .....	111
Tableau 4 : Hypothèses utilisées pour les deux scénarios à l'horizon 2035 (en bleu les hypothèses variant entre les deux scénarios).....	113
Tableau 5 : Estimation de la biomasse agricole mobilisée à horizon 2035, par ressource pour les deux scénarios .....	118
Tableau 6 : Estimation de la biomasse agricole mobilisée à l'horizon 2035, par usage.....	119
Tableau 7 : Principaux types de biomasse utilisés par usages.....	119
Tableau 8 : Surfaces agricoles et cheptel en France et dans les quatre pays étudiés.....	121
Tableau 9 : Ressource en biomasse agricole théorique disponible en Allemagne en 2010 .....	123
Tableau 10 : Synthèse des principaux instruments politiques influençant la mobilisation de la biomasse en Allemagne.....	128
Tableau 11 : Ressource en biomasse agricole théorique disponible en Italie en 2010.....	133
Tableau 12 : Synthèse des principaux instruments politiques influençant la mobilisation de la biomasse en Italie .....	138
Tableau 13 : Ressource en biomasse agricole théorique disponible aux Pays-Bas en 2010 .....	142
Tableau 14 : Synthèse des principaux instruments politiques influençant la mobilisation de la biomasse aux Pays-Bas .....	147
Tableau 15 : Ressource en biomasse agricole théorique disponible au Royaume Uni en 2010.....	152
Tableau 16 : Synthèse des principaux instruments politiques influençant la mobilisation de la biomasse agricole au Royaume-Uni .....	157

## Liste des encadrés

Encadré 1 : Messages clés pour l'Allemagne .....	122
Encadré 2 : Messages clés pour l'Italie .....	133
Encadré 3 : Messages clés pour les Pays-Bas .....	141
Encadré 4 : Messages clés pour le Royaume-Uni .....	152



## **1. Introduction générale**

### **1.1. Contexte de l'étude**

#### **1.1.1. L'atteinte des objectifs de production d'énergie renouvelable, un défi pour la biomasse agricole en France ?**

Face à une raréfaction des ressources au niveau mondial et à la nécessité d'une transition vers une économie moins dépendante des réserves fossiles, la biomasse, notamment agricole, est de plus en plus sollicitée. Un réel enjeu pour les pouvoirs publics est d'appréhender les dynamiques d'offre et de demande qui agissent dans les filières : marchés agricoles et alimentaires, marchés de la chimie, des matériaux biosourcés, des biodéchets, et compte tenu du développement des biocarburants et biocombustibles, marchés énergétiques.

De fait, dans notre "monde fini", la gestion de la biomasse apparaît comme un élément central des politiques d'utilisation efficace des ressources en connexion directe avec d'autres enjeux tels que la sécurité alimentaire, la gestion de l'eau, l'occupation des sols, la biodiversité et l'énergie. Il est donc important de progresser dans l'évaluation de la disponibilité en ressources issues de la biomasse afin d'anticiper les éventuels conflits d'usage et d'être en capacité d'arbitrer entre usages alimentaires, industriels et énergétiques. Cela concerne en particulier les ressources en biomasse issues de l'agriculture.

Au vu de ces enjeux, la communauté internationale s'est mobilisée. À l'échelle de l'Union européenne, la directive « Énergies renouvelables » 2009/28/CE du paquet législatif « Énergie-Climat » fixe l'objectif de 20 % d'énergies renouvelables dans la consommation d'énergie totale à l'horizon 2020. Le transport notamment, premier secteur émetteur de gaz à effet de serre, a pour objectif d'intégrer 10 % d'énergies renouvelables. Fin 2014, les États membres de l'Union européenne ont également statué sur la stratégie énergie à horizon 2030. Elle inclut un objectif de 27 % d'énergies renouvelables dans la consommation énergétique à l'échelle de l'Union européenne et une diminution des émissions de gaz à effet de serre de 40 % par rapport à 1990.

En France, le Grenelle de l'environnement a fixé l'objectif ambitieux de consommer 23 % d'énergies renouvelables en France en 2020. Cela revient à produire 20 millions de tonnes équivalent pétrole (Mtep) supplémentaires à partir de ces sources. Récemment, la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte, définitivement adoptée par l'Assemblée nationale le 22 juillet 2015, réaffirme les objectifs de la politique énergétique nationale concernant les énergies renouvelables. Notamment, de porter la part des énergies renouvelables à 32 % de cette consommation en 2030.

Le Conseil général de l'environnement et du développement durable (CGEDD) a également travaillé sur les engagements « Facteur 4 » visant la division par 4 des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050. La France est l'un des premiers pays à avoir pris un engagement de long terme et à se placer dans le cadre des recommandations du GIEC afin de limiter à 2°C la hausse des températures. Cet engagement se décline en de nombreuses politiques et mesures mises en œuvre dans les domaines de l'énergie, du bâtiment ou encore des transports.

De plus, en complément des aspects liés à la valorisation énergétique de la biomasse, le Commissariat Général au Développement Durable du Ministère de l'Écologie a identifié en 2013 la valorisation des « matériaux biosourcés » et la « chimie verte » comme deux des 19 filières stratégiques de l'économie verte, porteuses de croissance et d'emplois.

#### **1.1.2. La contribution encore insuffisante de la biomasse agricole aux objectifs nationaux de production**

Un des leviers pouvant être actionné pour atteindre ces différents objectifs est l'utilisation de la biomasse (notamment agricole) comme source d'énergie renouvelable, mais aussi pour des usages « matériau » et « chimie ».

En France, les énergies renouvelables représentaient près de 12% de la production d'énergie en 2014 (18 Mtep) [2]. L'énergie issue du bois présentait plus de la moitié de l'énergie produite. Considérant l'évolution actuelle de la production d'énergie renouvelable, la France semble encore loin d'atteindre ses objectifs fixés pour 2020.

L'énergie issue de la biomasse représentait 60% de l'énergie renouvelable produite en 2012 [2]. En particulier, la biomasse alimentait 85 % de la production de chaleur. Le bois et les produits issus du bois sont les principales sources d'énergie issue de la biomasse. La biomasse d'origine agricole, en revanche, ne représentait qu'une faible part des énergies renouvelables produites en 2014. En effet, les résidus de l'agriculture et des industries

agroalimentaires représentaient 1% de la production, le biogaz et les biocarburants 2 et 12% respectivement [2].

Le Plan National d'Actions pour les énergies renouvelables (PNA EnR) prévoit une stabilité du poids de la biomasse dans le mix énergétique renouvelable jusqu'en 2020. La quantité d'énergie finale produite à partir de biomasse solide ou gazeuse devrait ainsi augmenter pour atteindre les 66 % en 2020 (augmentation de 7 Mtep). Cela représente la moitié de l'augmentation prévue de la production d'énergie renouvelable sur cette période. Dans ce bilan, la biomasse solide (hors chauffage individuel au bois) affiche un retard significatif par rapport à l'objectif intermédiaire prévu en 2012, de l'ordre de 600 ktep. L'atteinte de l'objectif 2020 pour la biomasse solide va représenter un défi extrêmement ambitieux. En effet, le PNA EnR prévoit pour ce poste une croissance de 7 Mtep, tandis que seuls 800 ktep additionnels ont été enregistrés à ce jour. Le biogaz progresse quant à lui plus rapidement que ne l'anticipe le PNA EnR, mais son poids dans l'ensemble de la biomasse énergie demeure faible et ne devrait a priori pas dépasser les 5 % à horizon 2020 [2].

Enfin, la France soutient également les programmes de R&D tels que les Programme des Investissements d'Avenir (PIA) et Recherche en matière de biocarburants de 2<sup>nd</sup>e et 3<sup>è</sup>me générations.

Néanmoins, les chiffres concernant la production d'énergies renouvelables montrent que ces mesures sont insuffisantes pour atteindre les objectifs que la France s'est fixés et également pour satisfaire de manière durable les besoins des citoyens en énergie, alimentation et matériaux. Également, l'utilisation de la biomasse agricole reste peu développée en France par rapport aux apparentes ressources potentielles.

### **1.1.3. La filière française peut bénéficier du retour d'expérience des autres États membres**

Dans l'Union européenne, la biomasse représentait 62% des énergies renouvelables produites en 2011 et 8,4% de la consommation totale d'énergie d'après l'Association Européenne de la Biomasse (EUBIOM). Dans certains pays comme l'Estonie, la Lettonie, la Finlande ou la Suède, ce taux dépassait 25 % en 2011. La majorité de la biomasse est utilisée pour la production de chaleur (72 % en 2011) et de façon secondaire pour les biocarburants (16 %) et la bioélectricité (12 %) [1]. Le bois et les déchets de bois représentent la grande majorité de la biomasse utilisée, fournissant presque la moitié de l'énergie d'origine renouvelable.

Plusieurs pays européens semblent avoir mis en place des mesures présentant des résultats significatifs qu'il serait intéressant d'analyser : certains pays atteignent largement les objectifs fixés par l'UE et ont développé considérablement la filière biomasse, notamment d'origine agricole. Le Danemark par exemple produisait plus de 20 % d'énergies renouvelables en 2013 (dont environ 60 % issues de la biomasse) [4]. La consommation nationale annuelle en paille pour la production de chaleur et d'énergie contribue à 16 % de la production d'énergie renouvelable du Danemark en 2012, soit 0,5 million tep [5]. D'après l'Agence de l'Énergie danoise, ces chiffres s'expliquent en partie par la mise en place d'un « Accord sur la biomasse » en 1993, ainsi que d'un accord imposant l'utilisation de paille et de copeaux de bois dans les usines de cogénération de grande taille en 2008 [6].

### **1.1.4. La biomasse agricole, une ressource théoriquement significative, dont la disponibilité en pratique reste méconnue et la mobilisation difficile**

Selon l'Observatoire National de la Ressource Biomasse piloté par FranceAgriMer, plus de 11,6 millions de tonnes de matières sèches issus de résidus agricoles (dont 8.7 Mt de paille de céréales ou d'oléagineux) serait disponibles en 2012.

Le volume de biomasse disponible reste néanmoins relativement incertain. L'ONRB n'a pas encore publié de données réactualisées et ne couvre pas l'ensemble des ressources telles que les surfaces en herbe. Par ailleurs, la complexité de la chaîne de valeur rend difficile l'estimation des ressources qui sont souvent échangées entre les pays en fonction des besoins et des prix du marché. Les imports et exports de la biomasse sont à prendre en compte, les ressources françaises ne peuvent pas être conçues de manière isolée dans un contexte de marché commun (EU-28) et de globalisation.

Par ailleurs, la biomasse agricole disponible en théorie est en réalité parfois difficilement mobilisable, ce qui contribue à complexifier la comptabilisation des ressources réellement disponibles.

D'abord, elle est réparti de manière non homogène sur le territoire ce qui peut rendre son utilisation difficile : pour certaines filières de valorisation, notamment biocarburants avancés, des grandes quantités de biomasse en un même lieu de transformation sont nécessaires.

Ensuite, elle rentre en compétition avec d'autres usages tels que le maintien de la fertilité des sols pour les pailles. En cas de sécheresse, une compétition peut également s'instaurer entre les pailles à destination de l'alimentation animale et à destination de la production d'énergie. Un autre exemple est celui des cultures dédiées qui rentrent directement en compétition avec l'alimentation en termes d'utilisation des sols. Pour cette

raison, la France privilégie à ce jour la valorisation des cultures intermédiaires et des sous-produits agricoles au développement de cultures énergétiques dédiées à grande échelle plutôt que les cultures dédiées.

Le contexte économique est également peu favorable au développement de la biomasse agricole comme bioénergie. Cela est notamment dû à l'émergence des gaz et pétroles de schiste, à la baisse des prix du carbone d'origine fossile et au bas coût du CO2 sur le marché carbone.

Enfin, la France et plus généralement l'Union Européenne tend à prendre de plus en plus conscience des impacts environnementaux potentiels de la mobilisation de la biomasse, tels que :

- la dégradation de la qualité des sols en cas d'utilisation excessive des résidus (Perte de fertilité, risque d'érosion accru, etc.) ;
- le changement d'affectation des sols (indirect) ;
- la perte de multifonctionnalité des espaces ;
- les émissions de substances polluantes et qualité de l'air ;

Les impacts environnement de la production de la biomasse sont donc également à prendre en compte. Il est nécessaire de s'assurer que l'intensification de la collecte des matières premières concernées ne génèrera pas d'effets néfastes sur l'environnement.

## **1.2. Objectifs de l'étude**

Dans ce contexte, l'ADEME souhaite aujourd'hui avoir une vision plus précise des ressources en biomasse d'origine agricole ainsi que les freins et leviers à la mobilisation de ces ressources. Les objectifs spécifiques du projet sont les suivants :

- Dresser une synthèse des ressources mobilisables par type de biomasse et par type d'usage et étudier les méthodes d'analyse actuellement utilisées dans les études disponibles pour l'estimation des ressources ;
- Identifier les freins et leviers liés à l'utilisation de ces ressources ;
- Réaliser un panorama des actions, stratégies et politiques mises en place par quelques pays de l'Union européenne pour valoriser la biomasse d'origine agricole ;
- Proposer des scénarios prospectifs de l'évolution des ressources à horizon 2035 ;
- Établir des recommandations pour améliorer la mobilisation des différentes ressources.

## 2. Méthodologie

### 2.1. Champ de l'étude

L'étude concerne uniquement les ressources en biomasse d'origine agricole :

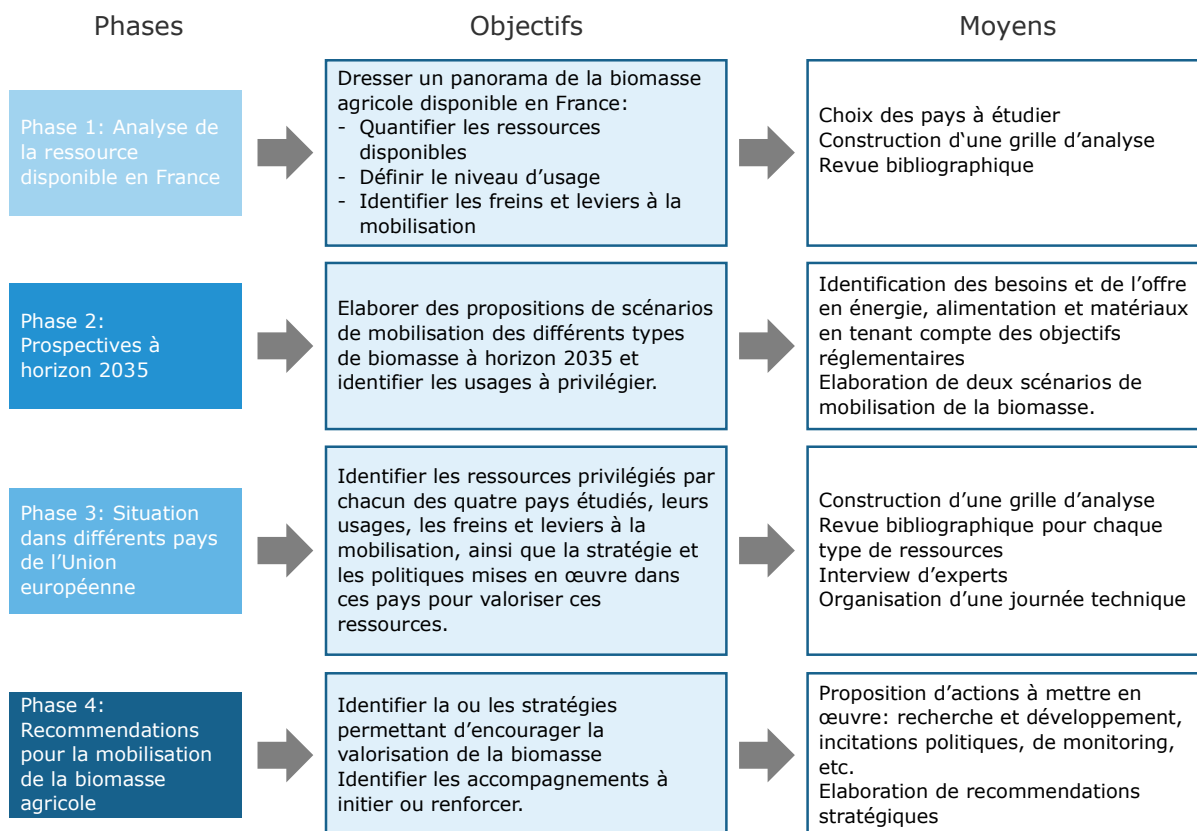
- Les effluents d'élevage ;
- Les résidus de cultures annuelles ;
- Les issues de silos ;
- Les résidus de cultures pérennes ;
- Les déchets de taille de haies et agroforesterie ;
- Les cultures annuelles et intermédiaires ;
- Les surfaces en herbe ;
- Le lin et le chanvre ; et
- Les cultures pérennes.

Les autres déchets d'industriels, des ménages, des gros producteurs et la production d'algues sont exclus du périmètre de l'étude. Les valorisations énergétiques par combustion directe et par la méthanisation et les biocarburants ont été prioritairement étudiées. La valorisation de la biomasse pour le transport (biocarburant) et les produits biosourcés entre également dans le périmètre de l'étude. Enfin, le périmètre de l'analyse de la ressource est la France métropolitaine et le benchmark a porté sur quelques pays européens.

### 2.2. Déroulement de l'étude

L'étude est subdivisée en quatre phases, correspondant aux quatre chapitres suivants :

Figure 1 : Méthodologie du projet



### 3. Analyse de la ressource disponible en France

#### Définitions :

*Biomasse disponible* : il s'agit de la quantité de biomasse récoltable prête à être utilisée

*Biomasse mobilisable* : il s'agit de la ressource disponible à laquelle on soustrait les usages prioritaires agronomiques (retour au sol, litières, compost) et non agronomiques (alimentation animale et humaine).

*Biomasse mobilisée* : parmi la ressource potentiellement, il s'agit de la quantité de ressources réellement utilisées pour des usages énergétiques (électricité, chaleur, biocarburants), chimie ou matériaux, compte tenu des éventuels freins technologiques, économiques et sociologiques.

#### 3.1. Effluents d'élevage

##### Effluents d'élevage : porcins, bovins, ovins, avicoles

###### Ressource disponible :

72 080-81 100 kt MS

###### Ressource mobilisable :

956-6 9891 kt MS

###### Ressource mobilisée :

moins de 1%

###### Type(s) d'utilisation :

- Électricité et chaleur
- Biocarburants (via la méthanisation)
- Biomatériaux
- Chimie

#### Messages clés :

La ressource en effluents d'élevage se concentre principalement dans les régions de l'Ouest (Bretagne, Pays de la Loire, Normandie) et du Sud-Ouest (Midi-Pyrénées). Elle est très largement disponible mais encore peu valorisée dans la production d'énergie.

Les études d'estimation de la ressource utilisent la même méthodologie mais les résultats sont parfois très différents, en raison d'écart dans les sources de données utilisées et les taux de mobilisation et de valorisation considérés.

Il y a peu de compétition d'usages pour les effluents d'élevage car la méthanisation est une étape qui peut se rajouter en amont du compostage ou de l'épandage, sans remettre en question la logique de retour au sol de la matière organique et des éléments fertilisants des effluents.

Les modalités de soutien à la filière méthanisation (subventions, tarifs d'achat, appels d'offre) incitent à la valorisation des effluents d'élevage donc leur mobilisation va croître avec le développement de la filière. D'un point de vue environnemental, de nombreux travaux ont été conduits ces dernières années afin de rechercher des modes de conduite des élevages permettant de réduire leur impact environnemental dans le bâtiment, lors du stockage et de l'épandage des effluents. La digestion anaérobie diminuerait les émissions globales de méthane de 15%.

#### Données économiques :

- Coût épandage lisier : 1,5-3 €/m<sup>3</sup> (Cuma Ouest)
- Coût épandage digestat : 4 €/m<sup>3</sup> (AAMF)
- Méthanisation (ANCRE) : investissement entre 0,5 et 15 M€ soit 6 et 11 k€ par kWél installé

#### Synthèse des usages par type de ressource, évalués selon :

- leur niveau de développement actuel (++, +, -, --)
- et leur potentiel de développement (**fort**, **moyen**, faible ou nul)

	Combustion	Méthanisation	Biocarburant via méthanisation	Matériaux biosourcés	Produits chimiques biosourcés
Lisiers porc	-	-	-	--	--

Fumiers porc	-	-	-	--	--
Lisiers bovin	-	-	-	--	--
Fumiers bovin	-	-	-	--	--
Lisier canards	-	-	-	--	--
Fumier volailles	-	-	-	--	--
Fientes volailles	-	-	-	--	--
Fumier caprin / ovin	-	-	-	--	--

## I – Caractéristique techniques et économiques de la ressource

### Ressource disponible :

Volume total produit (t MB/an)	ONRB 2012 [144]	ONRB 2015 [10]	Instituts Techniques 2015	Étude ADEME 2013 [145]
Lisiers porc			Ifip 20,7 M	
Fumiers porc			0,546 M [146]	
Lisiers bovin			Idele 18,2 M	
Fumiers bovin			68,7 M [147]	
Ovin / caprin / volailles			Itavi Non estimé	
<b>TOTAL lisiers<sup>1</sup></b>	180,2 M	173,5 M		93,5 M
<b>TOTAL fumiers<sup>2</sup></b>	89,7 M	87,3 M		89,6 M

### Analyse critique des méthodes d'estimation de cette ressource

- La méthode de détermination de la ressource disponible est similaire pour l'ensemble des études : il s'agit de multiplier des effectifs animaux par des ratios de production de lisiers et de fumiers par animal et par jour. Les différences de résultats sont liées aux bases de données utilisées : recensement agricole (Agreste, RA), base de données d'identification (BDNI) et surtout aux ratios de production par animal et par jour. Pour la filière bovine, les ratios sont très nombreux (croisant tous les types d'animaux avec tous les modes de logement) et non publiés à ce jour ;
- Dans l'étude IDELE / IRSTEA [147], chaque catégorie d'animaux a été réaffectée aux capacités de l'élevage et notamment leur mode de logement ;
- Les écarts entre les études ONRB [144] [10] et les évaluations par les instituts techniques s'expliquent essentiellement par les ratios moyens de production par animal.

### Détail des méthodes d'estimation de la ressource disponible

- Etude ONRB 2012 [144],  
Pour fumiers : Effectif (données SSP 2009) x Equivalent UGB x Durée moy stabul x Proportion fumier/lisier x Prod moy fumier/UGBUGB : Unité Gros Bovins. Pour lisiers, même équation avec Prod moy lisier/UGB
- Etude ONRB 2015 [10]

<sup>1</sup> Contenu en matière sèche : 8%

<sup>2</sup> Contenu en matière sèche : 74%

Pour fumiers : Effectif (données SSP 2013) x Equivalent UGB x Durée moy stabul x Prop fumier/lisier x Prod moy fumier/UGB. Pour lisiers, même équation avec Prod moy lisier/UGB

- IFIP :  
Effectifs par catégorie (données SSP AGRESTE 2014) x Prod moy jour lisier/catég et mode de gestion  
Effectifs par catégorie (données SSP AGRESTE 2014) x Prod moy jour fumier/catég et mode de gestion
- IDELE :  
Effectifs (données RGA 2010 / BDNI 2010 affectés à une place de bâtiment) x Equivalent UGB x Prod moy lisier / UGB  
Effectifs (données RGA 2010 / BDNI 2010 affectés à une place de bâtiment) x Equivalent UGB x Prod moy fumier / UGB
- Etude ADEME 2013 [145]  
Effectifs (RGA 2010) x Durée moy stabul x Prop fumier/lisier x Ratios prod » à l'échelle départementale. Il a été considéré que 5% de la ressource de production ne serait jamais disponible pour la méthanisation pour des raisons sanitaires.  
Estimations à venir en 2016 dans le cadre du projet ELBA (Evaluation de la biomasse agricole) qui associe l'ensemble des instituts techniques. Pour l'institut technique de l'aviculture ce sera la première estimation des ressources disponibles et mobilisables pour la méthanisation.

#### Ressource possiblement mobilisable :

Volume total (t MB/an)	ONRB 2012 [144]	ONRB 2015 [10]	Instituts Techniques	Étude ADEME 2013 [145]
Lisiers porc			6,2 M [146]	
Fumiers bovin				
<b>TOTAL lisiers</b>	HB : 7,5 Mt / HH : 32,1 Mt	HB : 7,5 Mt / HH : 30,9 Mt	4,2 M [147]	44,4 M
<b>TOTAL fumiers</b>	HB : 0,5 Mt / HH : 89,7 Mt	HB : 0,5 Mt / HH : 87,3 Mt		51,1 M

#### Analyse des méthodes d'estimation de cette ressource

- La quasi-totalité de la ressource en déjections animales est aujourd'hui épandue. La mobilisation des déjections animales pour la méthanisation n'est confronté a priori à aucune limite théorique ni contre-indications. Les facteurs limitants sont uniquement liés à la contrainte de disposer de quantités minimales pour un projet de méthanisation. La notion de densité d'exploitation dans les zones d'élevage intervient alors avec le problème lié aux petits élevages dispersés. [145]
- Dans l'étude IDELE / IRSTEA [147], l'exploitation agricole a été prise en compte en tant qu'unité (excluant les modèles collectifs ou centralisés). Plusieurs hypothèses ont été retenues : les lisiers et les fumiers mous ne sont pas pris en compte. Le seuil de faisabilité technico-économique de la méthanisation sur la ferme a été fixé à 20 kWe. Avec ces hypothèses, plus de 90% des exploitations ne produisent pas assez de fumiers pour atteindre le seuil. Seulement 9% du potentiel de fumiers serait récupérable dans les conditions actuelles de valorisation du biogaz.

#### Méthodes d'estimation de la ressource mobilisable

- Etudes ONRB 2012 [144] ONRB 2015 [10]  
Hypothèse basse (HB) : la ressource mobilisable pour l'énergie est limitée à l'excédent structurel évalué en 1999, soit 0,5% du fumier et 23% du lisier.  
Hypothèse haute (HH) : la ressource mobilisable est égale à la totalité du volume théorique disponible.
- Instituts techniques :
  - IFIP [146] : 30% des lisiers à dire d'expert
  - IDELE [147] : 9% des fumiers compacts et très compacts (46,8 Mt)

- Etude ADEME 2013 [145]

La méthodologie d'évaluation de la ressource mobilisable est proposée par SOLAGRO/INDIGGO pour une valorisation en méthanisation. Les ressources mobilisables sont le résultat de la ressource disponible auquel on applique un taux de pénétration (accessibilité technique, économique et sociale) de la méthanisation (60% pour lisiers, 50% pour fumiers).



**Ressource réellement mobilisée :**

Volume total (t MB/an)	ADEME (03/2016)
Effluents d'élevage	2,4 Mt
dont fumiers	45 kt en voie sèche

**Méthodes d'estimation de la ressource mobilisée :**

Pour la filière méthanisation, le développement d'un projet passe par une étape d'identification auprès de l'ADEME, pour lequel le maître d'ouvrage enregistre un plan d'approvisionnement prévisionnel avec la distinction des effluents d'élevage.

Le lancement en 2016 de l'outil seametha (<http://seametha.ademe.fr/>) permettra à l'ADEME d'avoir un recensement annuel des effluents d'élevage réellement valorisés en méthanisation.

**Estimation du niveau de valorisation actuel et futur :**

Le niveau de mobilisation actuel est très faible : quelques pourcents de la ressource disponible en lisiers et en fumiers

Dans l'exercice de prospective énergétique « Visions 2030 – 2050 » [148], l'ADEME prévoit une mobilisation de 30% des effluents d'élevage mobilisables à l'horizon 2030 et 50% à l'horizon 2050.

L'IFIP estime qu'une mobilisation de 30% des lisiers porcins est réaliste à l'horizon 2030. Avec l'hypothèse de nouvelles contraintes réglementaires sur les émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050, l'IFIP estime réaliste une mobilisation de 80% à cet horizon.

L'IDELE estime qu'une mobilisation de 20 à 25% des effluents bovins est réaliste à l'horizon 2030 avec les modèles technico-économiques actuels. Pour mobiliser 30 à 50% de la ressource, de nouveaux modèles sont nécessaires : biogaz porté, micro-cogénération, voie sèche continue performante.

Voir Section 4 du rapport « Prospective à horizon 2035 ».

**II – Usages et hiérarchisation****Valorisation énergétique (électricité et chaleur)****Contenu énergétique**

	Potentiel méthanogène (m3 biogaz/ t MO)	Contenu énergétique (MWh/t)
Lisier porcin	410	0,09
Fumier porcin	450	0,56
Lisier bovin	300	0,11
Fumier bovin	340 (raclage) 450 (compact)	0,32- 0,45
Lisier canards	500	0,20
Fumier volailles	450	1,25
Fientes volailles	550 (frais)	0,71 (frais) – 1,48 (sec)
Fumier caprin / ovin	110	0,14

Sources : compilation Methasim, KTBL, données constructeurs

**Electricité et chaleur**

- La méthanisation est quasiment la seule technologie utilisée pour la valorisation énergétique des effluents d'élevage porcins, bovins et avicoles. Au 1er janvier 2016, l'ADEME comptabilise 236 unités de méthanisation à la ferme et 31 centralisées. Un tiers des unités sont situées dans le Grand Ouest (ex Basse-Normandie, Bretagne, Pays de la Loire). Cette typologie regroupe à la fois des unités de codigestion qui traitent exclusivement des déchets (IAA, biodéchets...) et des unités collectives agricoles qui valorisent de 60% à 80% d'effluents d'élevage. 94% des unités valorisent le biogaz par cogénération ;
- Depuis la fin des années 90, différentes expérimentations ont été menées sur la combustion de fientes de volailles. Jusqu'à présent la filière ne s'est pas développée pour des questions réglementaires et économiques (les fientes sont considérées comme un déchet, leur combustion est soumise à la réglementation ICPE incinération ce qui engendre des surcoûts de traitement des fumées).

### **Biocarburants**

- Le biométhane issu de l'épuration du biogaz peut être utilisé par des véhicules roulant au GNV. Au 1er janvier 2016 l'ADEME comptabilise 17 unités de méthanisation (tous secteurs) qui injectent le biogaz épuré dans le réseau de gaz naturel. Ceci représente une capacité totale de 1700 NM3/h. A ce jour ce biométhane est injecté dans le réseau pour la production de chaleur mais certains projets prévoient leur valorisant en bioGNV.

### **Etat de l'usage pour la production de biomatériaux :**

Les effluents d'élevage ne sont aujourd'hui pas utilisés pour la production de matériaux biosourcés.

### **Etat de l'usage en chimie :**

Les effluents d'élevage ne sont aujourd'hui pas utilisés pour la chimie.

### **Et quels sont les usages les plus prometteurs ?**

La production de biométhane est l'usage le plus prometteur avec différentes formes de valorisations possibles de ce gaz renouvelable (chaleur, électricité, carburant). L'injection directe du biométhane est possible à une taille minimale (40 Nm3/h) et si le réseau de gaz est proche (quelques kms). Pour accélérer son développement, de nouveaux modèles sont actuellement à l'étude : injection portée, injection mutualisée (collecte de biométhane dans différentes unités de méthanisation à la ferme).

### **Impacts environnementaux**

De nombreux travaux (sur l'alimentation, sur la gestion des effluents,...) ont été conduits ces dernières années afin de rechercher des modes de conduite des élevages permettant de réduire leur impact environnemental dans le bâtiment, lors du stockage et de l'épandage des effluents.

La valorisation des effluents par méthanisation peut permettre de :

- réduire la consommation de ressources fossiles, y compris non énergétiques (eau, nitrates, phosphates, ...) ;
- augmenter la part de production des énergies renouvelables dans le mix énergétique ;
- réduire la dépendance de l'agriculture française aux principaux éléments de synthèse (azote, phosphore, oligo-éléments, ...) en respectant l'équilibre de la fertilisation et la qualité des sols ;
- pérenniser des systèmes de production agricole et la réduction des risques de conflit d'usage des sols (alimentaire, énergie, préservation biodiversité, ...) ;
- créer de la valeur, des compétences et des emplois.

D'autres filières, alternatives à la méthanisation, partagent ces enjeux, comme par exemple le compostage ou l'épandage direct d'effluents d'élevage. Cependant, aucune d'entre elles n'est a priori en capacité de les adresser tous simultanément, la méthanisation le permettant. [extrait de Feuille de Route méthanisation ADEME en cours de finalisation]

Différentes études sont disponibles :

Une étude a été engagée afin de fournir une synthèse sur l'importance des flux de gaz à effet de serre (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) et d'ammoniac (NH<sub>3</sub>) liés à la gestion des déjections animales, ainsi que sur les moyens de réduction de ces émissions [149]. Le calcul de l'inventaire national des émissions liées à la gestion des déjections a permis d'estimer les émissions de méthane à 365,2 kt C-CH<sub>4</sub> (majoritairement liées aux bovins et aux postes bâtiment et stockage), les émissions de protoxyde d'azote à 28,7 kt N-N<sub>2</sub>O (émis

principalement par les bovins au pâturage, ainsi qu'au cours de l'épandage) et les émissions d'ammoniac à 382 kt N-NH<sub>3</sub> (avec une répartition plus homogène entre les espèces animales et les postes d'émissions). La digestion anaérobie diminuerait les émissions globales de méthane de 15%.

L'évacuation rapide suivie d'une méthanisation permet de réduire les émissions des déjections animales et de maximiser la production d'énergie sous forme de biogaz. En production porcine, l'évacuation rapide par un raclage sous caillebotis donne un potentiel de 10,7 Nm<sup>3</sup> de méthane par porc à l'engrais. Par comparaison les lisiers collectés dans des pré-fosses affichent une perte de potentiel variant de -25% à -68% selon l'intensité des fermentations dans les pré-fosses. En élevage de porc, le couplage d'une évacuation rapide et de la méthanisation réduit les émissions de GES de plus de 50%. Pour des vaches laitières, les lisiers de raclage ont un potentiel voisin de 57 Nm<sup>3</sup> de méthane par vache et par mois. La baisse du potentiel au stockage est très rapide (-1% par jour) dans le cas de fumiers pailleux du fait de leur compostage spontané. [150]

### III – Analyse des freins et leviers à la mobilisation des ressources agricoles actuelles

#### Les principaux freins à la mobilisation :

*Principaux freins :*

- *Les lisiers sont peu méthanogènes et les fumiers nécessitent une préparation coûteuse*

#### **Freins agronomiques**

La quasi-totalité de la ressource en déjections animales est aujourd'hui épandue, majoritairement sans traitement préalable. Les intérêts agronomiques et les techniques d'épandage sont maîtrisés par les éleveurs. Pour les digestats (différentes formes), les pratiques agronomiques doivent être adaptées. Les contraintes réglementaires (digestat est un déchet) ne favorisent pas l'évolution des pratiques.

#### **Freins techniques**

- Les effluents d'élevage représente la principale ressource (en tonnage) mais sont peu méthanogènes ce qui nécessitera l'intensification des procédés : méthanisation par voie sèche, solide ou pâteuse, découplage réactionnel (hydrolyse, acidogénèse etc.), maîtrise de recettes d'alimentation (effets antagonistes et/ou synergiques) ;
- Les fumiers comportent fréquemment des corps étrangers (cailloux, ficelles, pièces métalliques), ce qui nécessitent un prétraitement avant la méthanisation ;
- Nécessité de coupler les effluents à d'autres types de ressources pour améliorer le rendement des unités de méthanisation. Se pose alors des enjeux de disponibilité en déchets : les ressources d'IAA les plus intéressants sont déjà valorisées par des filières plus compétitives (alimentation animale, épandage). Les déchets des collectivités nécessitent la mise en place de collecte séparée, organisation encore marginale en France (en comparaison avec l'Italie par exemple) ;
- L'élevage de ruminants a un impact sur les émissions de gaz à effet de serre. De nombreux leviers pour améliorer l'efficacité des systèmes de production sont mis en œuvre dont certains favorisant le pâturage. Cette méthode plus extensive d'élevage limite la possibilité de valoriser les effluents d'élevage par méthanisation (les effluents produits aux champs ne sont pas mobilisables).

#### **Freins économiques**

- Débouchés pour les digestats : en zone de forte pression environnementale (cas de la Bretagne, zones vulnérables) avec des surfaces d'épandage insuffisantes, la codigestion va impliquer la mise en place d'un procédé de traitement du digestat très coûteux. L'absence d'un marché rémunérateur pour les produits issus de digestat ne permet pas d'amortir les surcoûts d'investissement et de fonctionnement [151] ;
- Réseaux de distribution du gaz : densité des réseaux très disparates d'une région à l'autre, en général faible dans les zones rurales où sont disponibles les effluents d'élevage. Des solutions de biogaz porté à différentes échelles sont à consolider pour lever ce frein.

#### **Freins sociaux**

- Acceptabilité sociale : la perception du projet par les tiers est impactée par l'emplacement de l'unité, la nature et la quantité des intrants, le profil des porteurs de projet. La qualité du dialogue

semble jouer un rôle essentiel et a permis à certains porteurs de projets de surmonter les craintes et oppositions [152].

### **Compétition d'usages**

Compétition avec l'épandage de l'effluent brut.

#### **Les principaux leviers à la mobilisation :**

*Principaux leviers :*

- *Concevoir la gestion des effluents d'élevage de manière à conserver le potentiel méthanogène des effluents (évacuation rapide, couverture de fosses)*
- *Mécanismes de soutien simples et pérennes pour la méthanisation*

#### **Leviers**

Formation des conseillers et réflexion globale sur la valorisation des effluents

#### **Leviers techniques**

- Les lisiers collectés dans les pré-fosses perdent de 25 à 68% de leur potentiel méthanogène [150]. Faire évoluer la conception des bâtiments est nécessaire pour récupérer les déjections animales les plus fraîches possibles ;
- La solution de couverture de fosse avec récupération du biogaz (méthanisation dite psychrophile) est actuellement étudiée (programme Promethis) et semble être une solution à développer ;
- Absence de charte qualité pour les professionnels (bureaux d'étude, constructeurs, exploitants) : il est nécessaire que l'ensemble des acteurs de la filière répondent à des critères de qualité pour consolider les modèles technico-économiques de la méthanisation ;
- Prise en compte de la mise en place de structures de valorisation (telles qu'une unité de méthanisation) dès la conception des bâtiments d'élevage.

#### **Leviers économiques**

- Mécanismes de soutiens simples et pérennes : la rationalisation des coûts d'investissement et de fonctionnement (services de maintenance de proximité, disponibilité plus rapide des pièces de rechange) passe par l'atteinte d'une vitesse de développement plus importante, portant le nombre de mises en service de 50 par an (période 2011-2015) à 200-250 par an ;
- Taxe carbone : la méthanisation permet une réduction des gaz à effet de serre liés à la gestion des effluents d'élevage (au stockage) et par la substitution d'énergie fossile ou fissile) [149] Cette externalité positive doit venir consolider le modèle économique de la méthanisation.

## **3.2. Résidus de cultures annuelles**

**Résidus de cultures annuelles : paille de céréales (blé, maïs, ...), menues pailles d'oléagineux (colza, tournesol, ...), de protéagineux (pois, féverole, ...), cannes et rafles de maïs, fanes de betteraves.**

*Les résidus de cultures annuelles de lin et de chanvre sont traités spécifiquement dans la fiche « Lin et Chanvre »*

Ressource disponible : Entre 57 et 90 millions de tonnes

Ressource potentiellement mobilisable : Entre 8 et 12 Millions de tonnes

Ressource mobilisée pour des usages non agronomiques et non alimentaires : A minima 90 milliers de tonnes

Potentiel énergétique de la ressource mobilisable [145] : 11,41 Mtep

#### **Type(s) d'utilisation :**

- Electricité et chaleur
- Biocarburants 1G et 2G
- Matériaux biosourcés
- Chimie

#### **Messages clés**

La ressource en résidus de cultures annuelles se concentre principalement dans les régions Centre, Poitou-Charentes, Champagne Ardenne, Midi-Pyrénées, Picardie. Elle est largement disponible mais très peu valorisée dans la production d'énergie et de produits biosourcés.

Les études d'estimation de la ressource utilisent la même méthodologie mais les résultats sont parfois très différents du fait des écarts entre les sources de données utilisées et entre les taux de mobilisation et de valorisation considérés.

La mobilisation et la valorisation des résidus de cultures annuelles sont sujettes aux compétitions entre usages. Les pailles de céréales sont principalement retournées au sol ou valorisées en litière animale. Les pailles de protéagineux et les fanes de betteraves sont peu mobilisées du fait de l'appréhension des agriculteurs d'appauvrir le sol en matière organique. Cependant certaines ressources présentent un potentiel de valorisation intéressant, notamment les rafles de maïs grain et les menues pailles, car la ressource est disponible et n'est pas entièrement valorisée.

De

### Données économiques :

- Coûts du matériel de récolte :  
rafles des maïs grains : entre 3 000 et 10 000€  
menues pailles : entre 8 000 et 33 000€
- Coûts de marché : paille de céréales 70€/t
- Coûts de valorisation [153] :
  - o **Méthanisation** : investissement entre 0,5 et 15 M€ soit 6 et 11 k€ par kWél installé
  - o **Combustion** : Chaudières : 500 à 900 €/kW pour installations >1,5 MW (1.100 à 1.300 € sinon) auxquels il convient d'ajouter 300 à 500 €/kW si réseau de chaleur
  - o Chaudières par cogénération 250 M€

manière générale, les coûts logistiques de mobilisation des résidus des cultures annuelles sont élevés. Les équipements de récolte et de mobilisation sont parfois peu adaptés et techniquement peu développés. Ils ont notamment de faibles rendements horaires.

De nouveaux débouchés pour la valorisation en énergie et produits biosourcés émergent mais restent encore peu développés, limitant la mise en place de filières dédiées.

### Synthèse des usages par type de ressource, évalués selon :

- leur niveau de développement actuel (++, +, -, --)
- et leur potentiel de développement (**fort**, **moyen**, **faible** ou nul)

	Combustion	Méthanisation	Biocarburants 1G et 2G	Matériaux biosourcés	Produits chimiques biosourcés
Pailles de céréales	+	+	-	+	-
Pailles d'oléagineux	+	-	-	+	--
Pailles de protéagineux	--	--	--	--	--
Fanes de betterave	--	--	--	--	--
Cannes de maïs	+	+	--	--	--
Rafles de maïs semences	+	+	--	--	--

<b>Rafles de maïs grains</b>	--	--	--	--	--
<b>Menues pailles</b>	--	--	--	--	--

## I – Caractéristiques techniques et économiques de la ressource

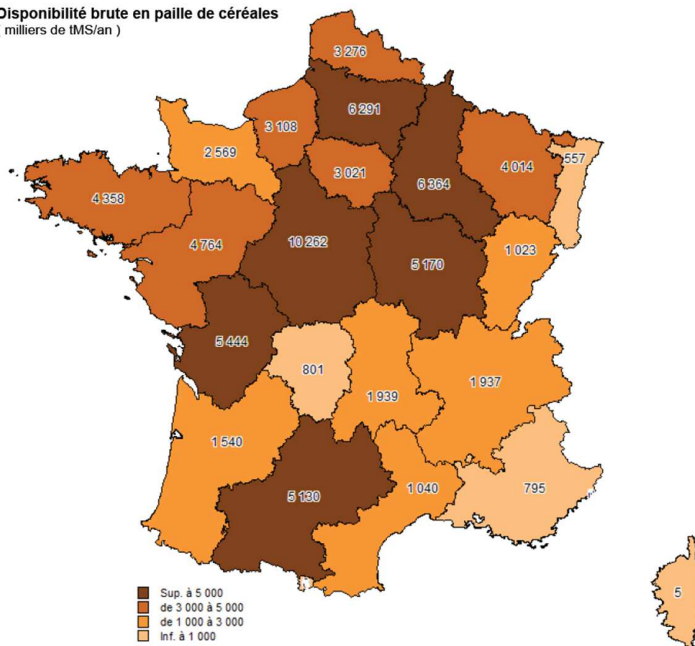
### Surfaces d'exploitation des cultures annuelles et rendement à l'hectare en ressource biomasse

	Surface (Milliers d'ha) en 2014 [10]	Part de la SAU (%)	Rendement (tMS/ha)	Rendement (tMBha) [145]
<b>Pailles de céréales</b>	7 500	27	6-10 [10] / 1,4 [153]	3,9
<b>Pailles d'oléagineux</b>	2 300	8	0,6-2,5 [10]	2,1 - 2,9
<b>Cannes de maïs</b>	1 600	6	6 [10] / 1,7 [153]	3,3
<b>Rafle de maïs</b>	2 000 [154]	7	0,3-0,8 [155]	0,55-1,1 [155]
<b>Pailles de protéagineux</b>	220	0,8	1,75	ND
<b>Fanes de betteraves</b>	400	1	2,8 [10]	30
<b>Paille de riz</b>	17 [156]	~0	4,7 [157]	ND
<b>Menues pailles</b>	9 000	32	0,5-2,3 [158]	1,6

D'après l'Observatoire National des Ressources en Biomasse (ONRB) [1], les différents résidus de cultures annuelles sont présents en large quantité dans les régions suivantes :

- Pour les pailles de céréales et menues pailles : Centre, Champagne Ardennes, Picardie
- Pour les pailles d'oléagineux : Midi-Pyrénées, Poitou-Charentes, Centre
- Pour les cannes et rafles de maïs : Aquitaine, Poitou-Charentes, Midi Pyrénées, Pays de la Loire, Centre
- Pour les pailles de protéagineux : Centre, Picardie, Champagne Ardennes, Poitou-Charentes
- Pour les fanes de betteraves : Picardie, Champagne Ardennes, Nord Pas de Calais

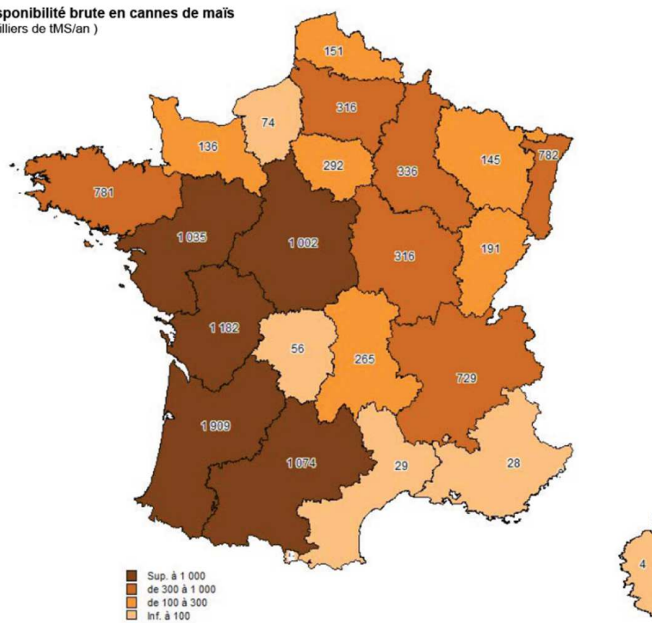
**Disponibilité brute en paille de céréales**  
(milliers de tMS/an)



Source : FranceAgriMer 2013/2014

**Figure 2 : Estimation régionale de la ressource disponible en paille de céréales**

**Disponibilité brute en cannes de maïs**  
(milliers de tMS/an)

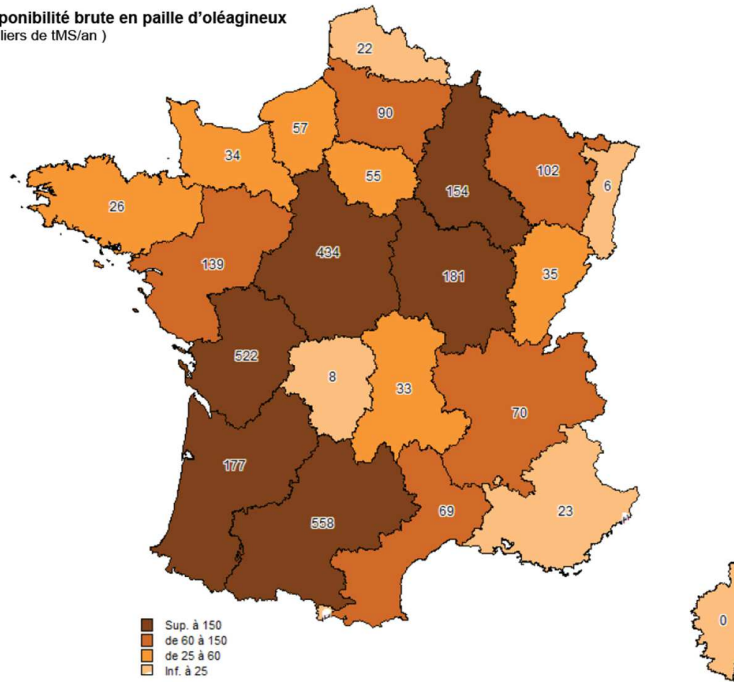


Source : FranceAgriMer 2013/2014

**Figure 3 : Estimation régionale de la ressource disponible en cannes de maïs**



**Disponibilité brute en paille d'oléagineux**  
(milliers de tMS/an)



Source : FranceAgiMer 2013/2014

**Figure 4 : Estimation régionale de la ressource brute disponible en paille d'oléagineux**

## Ressource disponible

Volume Total Produit (milliers de tMS/an)	ONRB 2012 [144]	ONRB 2015 [10]	ADEME 2013a [145] <sup>3</sup>	ADEME 2013b [154]
<b>Volume total</b>	<b>74 842</b>	<b>89 597</b>	<b>57 200</b>	
<b>Pailles de céréales</b>	66 397	74 202	25 430 <sup>4</sup>	
<b>Pailles d'oléagineux</b>	2 645	2 613	31 770 <sup>5</sup>	
<b>Cannes de maïs</b>	5 800	10 479		
<b>Pailles de protéagineux</b>	NA	382		
<b>Fanes de betteraves</b>	NA	1921		
<b>Menues paille</b>				
<b>Rafles de maïs grain</b>				155
<b>Rafles de maïs semences</b>				25

### Analyse critique des méthodes d'estimation de cette ressource

- Les études indiquées utilisent la même méthodologie à savoir la multiplication de la surface par les rendements ;
- La méthode de détermination de la ressource disponible est semblable pour l'ensemble des études : il s'agit de multiplier les rendements en résidus par l'assolement des cultures. Les différences subsistant entre les études sont relatives aux sources de données et aux rendements utilisés ;
- Les différences de rendements entre les études sont importantes, notamment entre les deux études de l'ONRB :
  - Pour les pailles de céréales : 4 à 6 tMS/ha [10] , 6 à 10 tMS/ha [144] et 8,2 tMS /ha [145] ;
  - Pour les cannes de maïs : 3 tMS/ha [10], 4.8 t MS /ha [145] et 6 tMS/ha [144] ;
  - Pour les pailles d'oléagineux : 0,6 à 1,2 tMS/ha [10] , 0,6 à 2,4 tMS/ha [144] et 3.6 à 4,3 tMS /ha [145] ;

Cet écart n'est pas expliqué dans les documents, en dehors d'une actualisation des sources disponibles. Les données de la synthèse de l'ONRB en date de 2015 reflètent une meilleure connaissance de la ressource, dans une perspective de mobilisation de la biomasse agricole en croissance ;

- Il y a quelques années les études de résidus de cultures traitaient uniquement de pailles de céréales. Ces dernières années, les études ont élargies leur périmètre d'analyse aux pailles d'oléagineux et de protéagineux, aux issues de silos et aux menues pailles, aux rafles et cannes de maïs ;
- Afin d'améliorer la précision de l'estimation de la ressource en paille, Arvalis réalise une étude pour le compte de FranceAgrimer en mettant en place une méthodologie prenant en compte des facteurs tels que les conditions climatiques et les hauteurs de coupe ;
- En règle générale, il y a peu d'études régionales récentes d'estimation de la ressource en résidus de cultures. Cependant, certains projets sont en cours de réalisation notamment le projet Cartofa dont les données sont réactualisées. De même, FranceAgriMer et Arvalis coopèrent pour mettre au point une nouvelle méthodologie d'estimation nationale des pailles de céréales en prenant en

<sup>3</sup> Les données disponibles dans l'étude tiennent compte de la quantité récoltable.

<sup>4</sup> 28 900 kt MB, à 12% d'humidité

<sup>5</sup> 36 100 kt MB, à 12% d'humidité

compte les critères suivants : la hauteur de coupe lors de la récolte, les conditions climatiques. Les principaux objectifs sont de pérenniser la méthode d'estimation en paille de céréales et de refléter au plus près la réalité.

#### **Détail des méthodes d'estimation de la ressource disponible**

- Etudes ONRB 2012 et 2015 [10] [144]

Ressource disponible = quantité produite = surface x rendement par hectare.

Les données sont issues de compilation de données statistiques existantes.

Les résidus considérés dans les deux études sont les pailles de céréales (blé dur et tendre, maïs, orge), d'oléagineux (colza tournesol, soja, lin), les cannes de maïs. L'étude 2015 a également estimé les ressources en pailles de protéagineux (fèves et fèveroles, pois, lupin), et en fanes de betteraves.

Les données sont compilées nationalement, mais des chiffres sont également donnés au niveau régional (uniquement des fourchettes en 2012).

- Etude ADEME gisement pour la méthanisation (2013) [145]

La production totale de paille de céréales est estimée à une tonne de paille par tonne de grain récolté. Ainsi, les rendements, qui tiennent compte de la part de paille récoltable mécaniquement, sont :

- Pour les pailles de céréales : 3,4 tMS/ha, soit 8.2 t MS/ha sur pied ;
- Pour les pailles de maïs : 2,9 tMS/ha, soit 4.8t MS/ha sur pied ;
- Pour les pailles d'oléagineux : 1,8 tMS/ha pour le colza et 2,6 tMS/ha pour le tournesol, soit respectivement 3,6t MS/ha et 4,3t MS/ha sur pied.

- Etude ADEME estimation de la ressource en rafle de maïs (2013) [154]

Ressource disponible en rafles = Surface de maïs (grain et semence) x rendement rafle par hectare

Hypothèse : La production théorique de rafles de maïs grain est évaluée à partir de la surface en maïs grain recensée par la statistique agricole annuelle (sur la période 2000-2011), pour un rendement de 1 100 kg/ha.

#### Estimations régionales

En Picardie, la ressource de pailles de céréales possiblement mobilisable est de 2,55 Millions de tonnes en 2005 (projet Cartopaille). [159]

En 2009, en Poitou-Charentes, 1,8-2,1 Million tMB (1,5-1,8 millions tMS) de pailles de céréales sont disponibles, ainsi que 540 000 t MS de cannes de maïs selon l'ARECPC [160]. L'étude ARECPC utilise les données de l'étude Solagro [161] utilisant elle-même les données Agreste 2005.

Ces résultats sont proches des données de la synthèse 2012 de l'ONRB, ce qui semble logique aux vues des dates des études, mais différent assez largement avec les données plus récentes.

## Ressource possiblement mobilisable

Ressource possiblement mobilisable (milliers de tMS/an)	ONRB 2012 [10]	ONRB 2015 [144]	Ecofys 2013 [162]	ADEME 2013a [145]	ADEME 2013b [154]
<b>Volume total</b>	<b>11 605</b>	<b>8 308</b>		<b>11 792</b>	
<b>Pailles de céréales</b>	7 515	1 762	7 400	3 960 <sup>6</sup>	
<b>Pailles d'oléagineux</b>	1 190	1 307			
<b>Cannes de maïs</b>	2 900	5 239			
<b>Pailles de protéagineux</b>	NA	0		7 832 <sup>7</sup>	
<b>Fanes de betteraves</b>	NA	0			
<b>Menues pailles</b>					
<b>Rafles de maïs grain</b>					1 800
<b>Rafles de maïs semence</b>					4

### Analyse critique des méthodes d'estimation du potentiel de mobilisation

- La ressource possiblement mobilisable est déterminée de manière similaire à travers les études : la quantité produite est multipliée par les taux de récolte des résidus, les taux de retour au sol et les taux de valorisation pour certains usages (litière animale, alimentation animale) ;
- Les résultats indiquent des quantités de ressources mobilisables variant de 8,3 à 11,8 millions de tonnes. Les différences d'estimations entre l'étude ADEME (gisement pour la méthanisation) [145] et les études Ecofys (gisement pour les biocarburants) [162] et ONRB sont liées à plusieurs facteurs :
  - La prise en compte de la ressource en menues pailles dans l'étude ADEME. Cette ressource n'est actuellement pas valorisée et représente une ressource mobilisable importante, pouvant expliquer l'écart entre les valeurs ;
  - Le taux de valorisation en alimentation animale qui n'est pas considéré dans l'étude ADEME ;
  - La méthodologie du taux de valorisation en litière animale qui diffère dans l'étude ADEME.

De manière générale, l'étude de l'ONRB 2015 semble avoir des données plus précises en termes de valorisation pour les usages, aujourd'hui prioritaires, comme la litière animale ;

- Concernant les pailles de céréales, les résultats varient de 1,7 millions à 7,5 millions de tonnes de ressource mobilisable. Outre les différences de rendement, les différences entre les deux études de l'ONRB sont liées aux différences de données sur les usages issues des Enquêtes bâtiments d'élevage et d'aviculture (réalisées à 5 ans d'intervalle) : le taux d'utilisation de la ressource en litière animale relevé en 2015 est de 93% alors qu'il était de 55% en 2012. Quant à l'étude ADEME, le taux d'exportation pour la litière animale est d'environ 32%.

### Méthode d'estimation de la ressource possiblement mobilisable

- Synthèses ONRB [10] [144]  
Ressource possiblement mobilisable = quantité produite x taux de paille récoltable x (1 - %retour au sol) - quantité utilisée pour d'autres usages (litière animale)  
Hypothèses émises :
  - Taux de paille récoltable = 55%

<sup>6</sup> 4 500 kt MB, à 12% d'humidité

<sup>7</sup> 8 900 kt MB, à 12% d'humidité

- Taux de retour au sol = 50% pour les pailles de céréales et d'oléagineux,
- Taux de retour au sol = 100% pour les fanes et les pailles de protéagineux
- Usages des pailles de céréales et d'oléagineux pour la litière animale : 73% en 2015 (Agreste – Enquêtes bâtiments d'élevage 2013 et aviculture 2012), 55% en 2012 (Agreste – Enquêtes bâtiments d'élevage 2008 et aviculture 2008))

Les données concernant les quantités de paille utilisées pour la litière animale sont difficiles à estimer. Actuellement la paille de céréales est principalement valorisée en litière. Il faudrait identifier les besoins et les pratiques réelles d'utilisation de la paille pour l'élevage dans un objectif de précision des usages de la paille pour la litière animale afin de mieux estimer les potentiels de mobilisation de cette ressource.

- Ecofys gisement pour les biocarburants (2013) [162]

Données ONRB (2012) pour la production totale de paille de céréales

Ressource de pailles de céréales potentiellement mobilisable = quantité produite x taux de paille récoltable x (1 - %retour au sol) - quantité utilisée pour d'autres usages

Hypothèses émises :

- Taux de paille récoltable = 55%(ONRB (2012))
- Taux de retour au sol = 50% (ONRB (2012))
- Usages des pailles de céréales :
  - 10,8 millions de tMB utilisées pour la litière et l'alimentation animale, soit 55% de la ressource possiblement mobilisable (France AgriMer (2010))
  - 135 ktMB utilisées pour les champignonnières (GEPC (European Mushroom Growers Group))
  - 8,5 ktMB utilisées pour le matériel de construction (Nomadeis (2012))

- ADEME gisement pour la méthanisation (2013) [145]

Ressource possiblement mobilisable = quantité produite x (1-taux de valorisation)

Méthode d'estimation des pailles de céréales :

- Le taux de retour au sol est de 50%.
- Le taux d'utilisation de la paille pour la litière animale est déterminé avec le ratio suivant : 1,1 t MS paille / t MS déjection animale, soit une utilisation de 32% de la paille récoltée en litière
- Hypothèse émise : la paille étant un aliment pauvre, son utilisation pour l'alimentation animale en France est marginale, donc assimilée à 0 dans l'étude.

Méthode d'estimation des autres types de résidus :

Ressource potentiellement mobilisable = assolement x rendement

Rendement/grains des autres pailles :

- Colza 1,3 tMB/tMB grain
- Maïs grain 0,6 tMB/tMB grain
- Tournesol : 2 tMB/tMB grain
- Fanes de betteraves : ratio de production de feuille de 30tMB/ha
- Menues paille : production de 1,5tMB/ha pour le blé triticale, 1tMB/ha pour l'orge et 1,5 tMB/ha pour le colza

- ADEME estimation de la ressource en rafle de maïs (2013) [154]

Les quantités de ressources mobilisables pour les rafles de maïs grain sont importantes car cette ressource n'est pas récoltée actuellement.

## Ressource réellement mobilisée

Ressource mobilisée (milliers de tMS/an)	ONRB 2012 [10]	ONRB 2014 [144]	Ecofys 2013 [162]	ADEME 2013 [154]	Projets recensés
<b>Volume total</b>	<b>ND</b>	<b>ND</b>	<b>7,2</b>	<b>1,25 à 4</b>	<b>82</b>
<b>Pailles de céréales</b>	Quelques projets		7,2		70 <sup>8</sup>
<b>Pailles d'oléagineux</b>					
<b>Cannes de maïs</b>					
<b>Pailles de protéagineux</b>	0	0			
<b>Fanes de betteraves</b>	0	0			
<b>Rafles de maïs grain</b>				0	
<b>Rafles de maïs semence</b>				1,25 à 4	12 <sup>9</sup>

- Ecofys : En 2013, 8,5 ktMB (7,2 ktMS) de pailles de céréales sont utilisées dans le secteur de la construction, il n'y a pas de mobilisation de la paille de céréales pour l'énergie [162], source Nomadeis (2012) ;
- ADEME (estimation de la ressource en rafle de maïs) [154] : entre 1250 et 4000 t de rafles de maïs semence sont mobilisées actuellement pour l'énergie (5 et 10%) ;
- Concernant les estimations régionales : En Poitou-Charentes, en 2009, on estime que 2000 t de pailles de céréales sont utilisées chaque année pour l'énergie. [163] ;
- Les projets issus de la revue documentaire et recensés dans la partie suivante estiment que la mobilisation des résidus de cultures annuelles s'élève à 82 milliers de tonnes de matière sèche.

### **Analyse critique des méthodes d'estimation de la mobilisation réelle**

- La ressource réellement mobilisée en résidus de cultures annuelles correspond à la ressource qui est d'une part récoltable (mécaniquement) et d'autre part qui n'est pas utilisée pour d'autres usages : agronomiques (retour au sol, litière animale) et alimentaire (alimentation animale) ;
- La ressource mobilisée est estimée à partir de projets de valorisation identifiés dans la littérature. Les quantités de ressources mobilisées sont difficiles à estimer car les projets sont récents et n'ont pas d'approvisionnement stable en biomasse agricole. Certaines études, comme les études ONRB, n'estiment pas la ressource mobilisée, tandis que pour les autres, la ressource peut varier suivant les projets considérés ;
- Les chiffres présentés ci-dessus, correspondent à des estimations de ressources en biomasse à grande échelle. L'estimation des ressources varient suivant les résultats obtenus suite à l'utilisation de modèle ou de réalisation d'enquêtes de terrain.

D'après les experts contactés, les études régionales et nationales ne sont pas toujours représentatives des ressources disponibles et mobilisées, du fait d'un nombre important de facteurs locaux influant sur les calculs. Par exemple, la variabilité dans les coefficients d'exportations pour les différents usages ne sont pas toujours les mêmes (zones déficitaires en paille, ...) [164].

Par ailleurs d'après Coopénergie et Services Coop de France, les différentes ressources sont parfois difficiles à estimer du fait du secret statistique limitant l'accès aux données [165] [166].

- A titre d'exemple, la méthodologie utilisée pour le projet Optabium en Picardie permet de mieux appréhender les différents facteurs à prendre en considération pour affiner les estimations de ressources.

<sup>8</sup> A minima 93 kt de résidus de cultures utilisés, à 12% d'humidité.

<sup>9</sup> A minima 14 kt MB de résidus, à 12% d'humidité

Ce projet, mené par Agro-transfert jusqu'en 2014, consistait à estimer les ressources en biomasse à l'échelle cantonale ou départementale. Il prenait en compte les caractéristiques des sols, du climat, le type d'exploitations agricoles avoisinantes (assolement, rotation, conduite d'élevage).

En revanche, certains facteurs n'étaient pas pris en compte notamment le contexte économique et la volonté ou non de l'agriculteur de fournir ses ressources en biomasse agricole [164].

### Potentiel de développement de la ressource

Prospection 2030 ADEME (gisement pour la méthanisation) : les résidus agricoles (pailles de céréales, d'oléagineux, menues pailles et fanes de betteraves) représenteront un potentiel total de 13,25 Millions de tonnes de MB, et environ 1,94 Mtep en 2030 [145].

Le scénario AFTERRES de Solagro sur utilisation des terres en France à l'horizon 2050, prévoit, qu'en 2050, 25% des résidus de cultures annuelles seront mobilisés pour alimenter les unités de méthanisation, à l'origine de 3,25 Mtep de biogaz. [167]

Voir Section 4 du rapport « Prospective à horizon 2035 ».

## II – Usages et hiérarchisation

### Valorisation énergétique (électricité, chaleur et biocarburants)

Actuellement, les modes de valorisation énergétique des résidus de cultures sont principalement la combustion et la méthanisation. Les projets de combustion identifiés sont individuels ou collectifs, les projets de méthanisation sont principalement sur des exploitations agricoles.

Les résidus de cultures annuelles les plus concernés par les unités de valorisation sont les pailles de céréales et d'oléagineux. Les rafles de maïs semences sont également valorisées, car elles sont récoltées avec les grains et récupérées par les entreprises et coopératives semencières.

La production de biocarburants à partir de résidus de cultures annuelles est encore au stade de recherche et développement ou de démonstration. Cependant, l'émergence des marchés de biocarburant de deuxième génération devrait permettre à ces filières de se développer dans les prochaines années.

#### Contenu énergétique

	Pouvoir Calorifique Inférieur (MWh/t) [168]	Pouvoir méthanogène (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t MS) [145]
Pailles de céréales (blé, maïs, orge)	4	221
Pailles d'oléagineux (colza, tournesol, soja)	4,2	117-253
Cannes de maïs	4	243
Raffles de maïs	3,9-5,2	NC
Fanes de betterave sucrière	NC	275
Pailles de protéagineux (fèves, féveroles, pois, lupin)	NC	NC
Paille de riz	4	NC
Paille de lavande	4,9	NC
Menues pailles	4-4,23	180-360

#### Méthanisation

- Les résidus de cultures annuelles possèdent un pouvoir méthanogène élevé ;
- Certains résidus possèdent des caractéristiques spécifiques.

Les menues pailles correspondent à une ressource peu récoltée. Cependant elles sont parfois récupérées au sein d'une exploitation agricole afin d'être valorisées en litière animale ou en méthanisation. Mélangée au lisier, la matière a un bon potentiel méthanogène.

De plus, la faible granulométrie des menues pailles, leur permet d'être évacuées par les caillebotis et facilement collectées pour la méthanisation. [158]

La paille de colza peut être utilisée en méthanisation mais elle doit être broyée et mélangée à divers coproduits et effluents agricoles pour garantir un rendement économique suffisant. [169]

Exemples de projets existants :

- En 2014, dans la région Poitou-Charentes, les 26 premiers sites de méthanisation établis sur la région devaient mobiliser **50 000 t de résidus de cultures** [170].
- Dans le Maine et Loire, le GAEC des Buissons valorise, depuis 2014, de la biomasse agricole par méthanisation : lisier frais (2878 t/an, soit 72%), E sdt. refus d'aliments par les animaux (201 t/an soit 5%) et 65 t/an de menues pailles (1,6%), [171]. L'unité de méthanisation correspond à la première installation Microferm en France (technologie HoST France), dotée d'une puissance électrique de 65 KWe et assurant le chauffage de 3 habitations et l'approvisionnement d'eau chaude de l'exploitation. [172]

### Combustion

- Les pailles grises laissées aux champs et lessivées par la pluie présentent un intérêt pour la combustion, par rapport à la paille jaune, car leur PCI et leur taux d'azote sont supérieurs et leur taux de soufre, de chlore et de cendres sont inférieurs. [173]

Exemples de projets existants :

- Depuis 2006, la chaufferie approvisionnant le CEA de Valduc est alimentée par le 3000 t/an de pailles et 2 000 t/an de bois. Sa puissance est de 6MW [174]
- En Champagne-Ardenne, sur leur site de Bazencourt, l'entreprise Cristal Union mobilise **25 000 t (31%) de paille** et 55 000 t de plaquette forestière dans une chaudière à biomasse. [175].
- En Seine et Marne, une **chaudière collective à paille utilise 1 000 t de paille par an et permet de chauffer 250 logements** à Villeparisis [176] [177].
- Depuis 2013, la ville de Saint-Louis (Alsace) s'est également dotée d'une chaudière collective à biomasse utilisant du bois et des rafles de maïs de 17,3 MW. Consommant **10 000 t de rafles**, l'installation produit annuellement, en cogénération, **93% des besoins thermiques de la ville** et 27 000 MWh d'énergie électrique équivalent à la consommation de 10 000 ménages. L'investissement s'élève à 22 millions d'euros. La chaudière contribue à l'emploi direct de 5 techniciens et 45 emplois indirects et non délocalisables. [155]
- L'entreprise Limagrain a mis en place une **unité de combustion qui valorise 4 000 t de rafles de maïs**. Le montant de l'investissement est de 2,4 millions d'euros, dont 960 000€ ont été pris en charge par le Fonds chaleur renouvelable (Feder-Ademe), la région et le conseil général du Puy-de-Dôme. La rafle de maïs est stockée directement sur le site, évitant ainsi les rejets de gaz à effet de serre durant le transport entre le lieu de stockage et le lieu de combustion [178]
- Le fabricant d'équipements en chaufferie biomasse, Cogebio, a mis en place un projet pilote sur une chaudière de 300kW utilisant le processus de gazéification avec des rafles de maïs. [155]

### Biocarburants

- Les projets existants sont toujours en phase expérimentale, en R&D, ou en projet de démonstration.
- Projet BioTFuel : Total, IFPEN et 4 partenaires mettent en place une usine thermo-chimique dont l'objectif est la production de 200 000 t de biodiesel et de biokérosène à partir d'un millions de tonnes de biomasse (pailles, résidus forestiers, cultures dédiées...) qui sera torréfiée. [179] Le projet comprend deux sites en France, l'un situé à Dunkerque, l'autre à Compiègne. [165] Le projet permettra d'obtenir du biodiesel à 1,20 €/le litre (contre 1,60 €/aujourd'hui) et de ce fait, réduire l'écart de coût avec le diesel d'origine fossile (0,80€). [179]
- Projet Futurol : 11 partenaires, dont Champagne Céréales, Total et l'INRA mettent en place une usine de production de biocarburant de 2<sup>ième</sup> génération dans l'Aisne [165] [180] par le procédé de fermentation par voie humide. Cette technique permet de valoriser 70 t de biomasse (paille, résidus de bois, co-produits de bioraffinerie) par jour. Le prix du litre de bioéthanol devrait atteindre entre 0,5 et 0,7 €/le litre en fonction de la matière première initiale. [181]
- Projet Gaya : ce projet, implanté à Lyon et porté par Engie, consiste à produire du biométhane par voie sèche avec un panel de 53 ressources de biomasse différentes (dont 5 types de biomasse agricole, notamment les pailles de céréales et d'oléagineux) [143].

**Production de matériaux biosourcés**



La valorisation en matériaux biosourcés des résidus de cultures annuelles est peu développée. Le secteur de la construction est prédominant avec la production de panneaux isolants et de bétons. Les principales ressources concernées sont les pailles de céréales et d'oléagineux.

- La production de matériaux biosourcés (papier, isolant...) à partir de résidus de cultures annuelles est encore très marginale. Seulement **3 milliers tMS/an de pailles de céréales sont utilisés dans la fabrication de matériaux biosourcés** [10] ;
- La production de bétons innovants à base de paille de colza est encore principalement à l'état de recherche et développement. Des volumes marginaux sont disponibles, et les filières sont généralement peu organisées [182] comme dans le cas d'un projet mené par Coopénergie en Picardie. [165]
- D'autres types de matériaux biosourcés sont également produits, comme les **panneaux techniques biosourcés à base de pailles de céréales compressées** [182]. En région Centre, les usines Stramentech qui fabriquaient des panneaux isolants à partir de pailles (10 000 à 12 000 t) ont fermé en partie car la chaîne industrielle ne permettait pas l'atteinte des objectifs de production. [183] [165]
- Les bottes de pailles peuvent également être utilisées comme **isolant de remplissage**. Cependant leur valorisation dans ce secteur est minoritaire. [182]
- Les pailles de riz peuvent être utilisées dans le secteur de la **papeterie**. [184]
- Le projet de compagnie industrielle de la matière végétale (CIVM) spécialisé dans la bioraffinerie végétale avait pour objectif de produire différents matériaux biosourcés (**papiers, résines, adhésifs, plastiques, pneus**) à partir de pailles, entre autre [162]. Ce projet n'a jamais dépassé le stade pilote. [165]

#### Etat de l'usage en chimie

La valorisation des résidus de cultures pour la chimie est encore au stade de R&D ou de projets pilotes.

- Le projet européen BIOCORE, mis en place entre 2009 et 2014, a pour objectif de concevoir des bioraffineries pilotes dont l'une est située en France (Centre). Le projet a pour objectif d'exploiter de la biomasse (pailles de blé et d'orge, miscanthus) en la fractionnant en cellulose, hémicellulose et lignines afin de former des produits chimiques et pharmaceutiques mais aussi des matériaux (bioplastiques). [185] [186] ;
- Depuis 2014, l'INRA travaille sur la production de biomolécules à partir de paille de blé et de riz par un procédé de fractionnement par voie sèche. [187] Le procédé mis en place a été breveté par l'INRA. Il permet de fractionner la paille en différentes fractions enrichies en lignine-hémicelluloses et minéraux. Ces différentes fractions peuvent servir de substrats pour l'extraction ou la synthèse de biomolécules pour la chimie mais aussi de base à la production de biocarburant, d'agents de charges pour les matériaux composites biosourcés. [188] ;
- La société Eurocob, leader européen de la transformation industrielle de rafles de maïs commercialise 25000 tonnes de produits finis à base de rafles de maïs dans le secteur de la chimie verte en particulier dans la fabrication de produits de traitement de surfaces, d'absorbants industriels, de produits pour la santé animale, de litière pour animaux domestiques, de la cosmétique et l'industrie du papier [189] ;
- Le projet PIVERT (Picardie Innovations Végétales, Enseignements et Recherches Technologiques) fait intervenir 150 chercheurs, ingénieurs et enseignants dans l'étude de la transformation de la biomasse oléagineuse notamment de la paille de colza et de tournesol en produits chimiques renouvelables. Le projet a pour objectif de développer une filière française compétitive dans le secteur de la chimie du végétal, dans les secteurs d'applications suivants : l'alimentation, la santé, la cosmétique, etc. Il a également pour but de limiter l'utilisation de matières premières d'origine fossile, et permettre la ré-industrialisation des territoires en Picardie dans une logique de développement durable au travers des bioraffineries [190].

#### Impacts environnementaux

Les principaux impacts environnementaux sont liés :

- A la perte de viabilité des sols lors de la réduction des apports en matière organique. En effet, lorsque la matière organique n'est pas retournée au sol mais est exportée pour d'autres valorisations, la fertilité des sols peut être altérée. Les études d'estimations des ressources mobilisables considèrent qu'environ 50% de la paille récoltable peuvent être valorisés pour d'autres usages sans risque d'altération de la fertilité des sols. [10] [144] [145] L'institut technique

Arvalis indique qu'en France, 4 millions de tonnes de pailles de céréales peuvent être valorisées énergétiquement sans risque d'érosion des sols. [191]

- à la valorisation en combustion, qui entraîne des dégagements de HCl et de NOx dans les fumées si les chaudières sont mal réglées [192]. Le projet pilote de valorisation des rafles de maïs mis en place par le fabricant de chaudière Cogebio a montré que les émissions de NOx étaient supérieures à celles de la combustion du bois mais restent en dessous des limites fixées par les normes (500 mg/Nm<sup>3</sup> à 6% d'O<sub>2</sub>).
- aux émissions de gaz à effet de serre engendrées par un transport plus ou moins important suite à l'intervention de multiples acteurs, notamment dans le cas de filières peu organisées [166] : L'entreprise Limagrain, valorisant les rafles de maïs, a mis en place une logistique optimisée permettant de stocker les rafles directement sur leur site de valorisation. L'unité de combustion permet à l'entreprise de réduire son empreinte carbone de 2600 tonnes de CO<sub>2</sub> par an. [178]
- aux réductions d'émissions de gaz à effet de serre dues à l'utilisation d'énergies renouvelables : Les émissions de CO<sub>2</sub> à partir de paille pour la production d'électricité sont plus faibles, comparées à l'utilisation de lignite ou de gaz naturel. [113]. La bioraffinerie pour la production de bioéthanol, de bioénergie et de produits chimiques biosourcés à partir de résidus de cultures annuelles permet de réduire de 50% les émissions de GES, et de 80% l'utilisation de ressources fossiles comparé au système utilisant des énergies fossiles. [193] La chaudière collective de la ville de Saint-Louis en Alsace permet d'éviter 9 000 tonnes d'émissions de CO<sub>2</sub> chaque année. [155].
- aux réductions d'émissions de gaz à effet de serre et du bilan énergétique dues à l'utilisation de coproduits agricoles : Le bilan de GES des digesteurs utilisant des résidus de cultures annuelles sont plus faibles que celui des digesteurs utilisant des cultures dédiées. L'énergie consommée par le système biogaz à partir de cultures dédiées (maïs, luzerne) représente 44% de l'énergie produite tandis que l'énergie consommée par le système biogaz à partir de résidus de maïs représente 26% de l'énergie produite. [194]

### III – Analyse des freins et leviers à la mobilisation des ressources agricoles actuelles

#### **Les principaux freins à la mobilisation**

*Les équipements de mobilisation et de valorisation ne permettent pas d'établir des filières concurrentielles avec les autres ressources de biomasse comme le bois. Ils sont parfois inadaptés ou inexistantes et empêchent d'établir une logistique optimisée.*

*La mise en place de la logistique d'approvisionnement doit répondre à de nombreux enjeux du fait des approvisionnements discontinus au cours de l'année, des ressources dispersées géographiquement et peu densifiées.*

*Les nombreuses valorisations possibles des résidus de cultures (approvisionnement du sol en matière organique, litière animale, alimentation animale) entraînent une forte compétition entre les usages qui limite le développement des marchés pour l'énergie et les produits biosourcés.*

*La sensibilisation aux valorisations existantes des différents résidus de cultures aujourd'hui peu exploités (rafles de maïs grain, menues pailles) est limitée.*

#### **Freins sociologiques**

- Appréhension des agriculteurs quant à l'appauvrissement du sol en matière organique en cas de réduction de la quantité de résidus retournés au sol. [165] ;
- Manque de sensibilisation des agriculteurs : les pailles d'oléagineux [164] et les rafles de maïs [166] sont en général peu mobilisées car cela ne correspond pas aux pratiques usuelles. Les marchés étant peu/pas développés, les agriculteurs ne savent pas qu'il y a des débouchés autres que les débouchés traditionnels (alimentation animale, litière) ;

#### **Freins agronomiques**

- Réduction des taux de matières organiques des sols si les résidus sont mobilisés en excès ;
- De plus en plus d'agriculteurs pratiquent le semis direct et donc ne collectent pas les résidus.

#### **Freins techniques**

- Les sols humides et peu portants dans le cas des cannes de maïs [145] et des pailles de riz [184] sont peu favorables à la récolte ;
- Les résidus de cultures ont une production variable d'année en année ce qui rend difficile les approvisionnements des unités de valorisation collective. [165] ;
- **Manque d'équipements adéquats pour la collecte des résidus ;**  
 Dans le cas des **rafles de maïs grains**, il n'y a actuellement pas d'équipement permettant leur récolte en France. En Autriche, la technique du big-bag au bout d'une moissonneuse batteuse est utilisée et permet de récolter les rafles. L'investissement sur le matériel de récolte du maïs grains est estimé à environ 3-10 k€. Il s'agit d'un équipement similaire à celui utilisé pour la récolte des menues pailles. [166]  
 Aujourd'hui, les **fanés de betteraves** sont essentiellement broyées, ce qui les rend difficilement récupérables [164] ;
- **Faible développement du matériel de densification des produits**  
 Le RMT biomasse travaille sur des pistes d'amélioration. Au lieu de condenser les résidus en balles, ils sont condensés en briquettes à 400kg/m<sup>3</sup>. La transformation se fait sur la parcelle directement : les outils actuels ne sont pas assez développés et les rendements horaires sont trop faibles. [165] La granulation est également intéressante car elle permet de faciliter le conditionnement et le transport, de produire des granulés de ressources mélangées pour limiter in fine les émissions de fumées acides et la concentration de minéraux dans les cendres. Pour optimiser la mobilisation des résidus, il faut développer les techniques de densification des ressources sur champs, afin de faciliter la prise en charge, le transport et ses coûts. [165] ;
- **Manque d'équipements adéquats pour la valorisation des résidus**  
 La combustion peut entraîner la formation de mâchefer, la production de cendres [195] et le dégagement de fumées acides nécessitant des types de chaudière particulière [192]. Les fumées peuvent être réduites grâce au réglage des machines. Celles-ci doivent être munies de technologies spéciales pour récupérer le mâchefer, de gaines en céramiques pour limiter les dégagements de fumées acides, de systèmes de grille mobile pour évacuer les cendres et de systèmes de filtration des cendres pour éliminer les métaux lourds. Ces technologies existent et sont largement utilisées au Danemark, par exemple [165]. En France, ces technologies existent mais sont chères, les granulés de bois sont plus intéressants en terme de prix. Aujourd'hui, les chaudières valorisant la biomasse agricole sont principalement utilisées par les agriculteurs eux-mêmes, car ils ont un accès direct à la ressource. [165]  
 Concernant la méthanisation, il a été montré que la silice pouvait détériorer les procédés industriels de la production de biogaz [196]. Cependant, les recherches scientifiques et techniques adéquates doivent être développées pour combler le manque de savoir et de résilience sur cette problématique.  
 Globalement, il est observé un manque de structures (chaudières) pour la combustion de la biomasse agricole. La flexibilité des structures existantes quant au type de biomasse utilisé est à améliorer ;
- **Logistique impactant les coûts de production**  
 La logistique d'approvisionnement en paille de colza doit répondre à différents enjeux en termes de densification (en ballot, granulés..) et de stockage à l'abri des intempéries [169]. La récolte entraîne des enjeux techniques car la tige est grosse, haute et humide. Ceci demande une réflexion sur son extraction (réalisation ou non de broyage, ...), ce qui impacte sur les coûts de production. [164].  
 Les coûts de production des menues pailles varient également suivant le mode de valorisation finale. Elles peuvent être récoltées et mélangées avec la paille lors de la mise en balles (coûts d'investissement entre 8000 – 10 000€), ou récupérées séparément dans une trémie liée à la moissonneuse batteuse (coûts d'investissement entre 27 000 – 33 000€) [158].  
 La rafle de maïs ou la paille sont des matériaux peu denses et volumineux ce qui peut entraîner des coûts de transport importants : il faudrait prioriser les valorisations locales pour réduire les distances et donc les coûts [155].

### **Frein économique**

- Dans le secteur de l'énergie, les industriels recherchent des matières premières à fort pouvoir énergétique, en grand volume et à bas coût. La paille n'est pas la biomasse avec le plus fort pouvoir énergétique mais elle est disponible en gros volume. Aujourd'hui elle est achetée à bas prix. Du fait de ces prix très bas, la plus-value de la paille est limitée et donc peu intéressante pour les agriculteurs, ce qui ne les incite pas à la mobiliser. [165] ;
- La disponibilité de la ressource (ex : en cas de sécheresse) et les prix associés sont volatiles.

### **Frein réglementaire**

- D'après le 5<sup>ème</sup> programme Nitrates, il est conseillé d'enfouir les résidus pour couvrir le sol après les cultures de maïs grain, sorgho et tournesol. [197]

### **Compétition d'usages**

- Le **retour au sol** de la matière organique est essentiel au maintien de la fertilité : les agronomes recommandent de prélever autour de 33 à 50% des pailles de céréales d'une culture. [173] Actuellement, la paille qui n'est pas retournée au sol est principalement utilisée pour la litière animale (de l'ordre de 90%). [198] ;
- La production de paille de céréales n'est pas répartie de manière uniforme sur le territoire : les régions déficitaires doivent se fournir auprès des régions excédentaires. Les nouvelles concurrences d'usages pour l'énergie risquent d'accentuer ce phénomène. [173] ;
- Difficultés rencontrées par les agriculteurs dans l'articulation des usages (élevage / agronomie / nouveaux marchés) ;
- Exportations ;
- Les rafles de maïs semences possèdent de nombreux types d'usages : alimentation animale, litière animale, produits de traitements de surface industriels, mais la ressource est disponible en faible quantité. La compétition entre usages est donc relativement forte. [155] ;
- Les pailles de protéagineux sont intéressantes agronomiquement car elles contiennent plus d'azote que les autres résidus donc apportent davantage de matière azotée au sol. L'achat de fertilisant azoté étant un poste de dépense important, les agriculteurs préfèrent utiliser ces résidus comme fertilisant naturel azoté plutôt que de les exporter hors de la parcelle. [164].

### **Les principaux leviers à la mobilisation**

*Les résidus de cultures annuelles présentent un intérêt à être mobilisés car ils sont disponibles en large quantité et dans certains cas peu valorisés.*

*Ce sont des coproduits donc ils n'engendrent pas d'enjeux de compétition d'accès aux terres contrairement aux cultures annuelles et pérennes, mais sont cependant beaucoup utilisés pour d'autres usages comme le retour au sol ou la litière animale.*

*La sensibilisation et le partage de connaissances, d'informations et d'expérience auprès des collectivités et des agriculteurs sont des leviers importants pour créer des marchés et mettre en place des filières optimisées et rentables.*

### **Leviers réglementaires**

- Les pailles de céréales et les menues pailles contaminées par les mycotoxines pourraient, à terme, être interdites de mise sur le marché de l'alimentation animale, ce qui permettra de réorienter de plus gros volumes vers la valorisation non alimentaire [173].

### **Leviers liés à la connaissance**

- Développement de la communication et de la sensibilisation à travers des outils d'aide à la décision  
Pour répondre à l'appréhension des agriculteurs vis-à-vis de l'exportation des pailles et la réduction du retour au sol, des outils d'aide à la décision ont été mis en place :
- Agro transfert et l'INRA ont proposé un outil, SIMEOS AMG, permettant de diagnostiquer l'état organique des sols et son évolution suivant le système de culture. Cet outil a pour objectif de mieux appréhender les quantités exportables de paille. [199]

- Coopénergie a élaboré un guide de décision pour évaluer les ressources en pailles mobilisables sans dégrader l'état organique des sols en prenant en compte les rotations et les types de sols. [200].

### **Leviers agronomiques**

- Intérêt agronomique de la mobilisation des résidus : en récoltant les menues pailles, les graines adventices sont également exportées. [158] ;
- Les rafles de maïs laissées au sol jouent un rôle sur la structuration des sols mais se dégradent difficilement et impactent peu l'approvisionnement en MO du sol. Elles pourraient donc être exportées vers d'autres usages sans nuire à la fertilité du sol. [166].

### **Leviers économiques**

- Des politiques incitatives financièrement :  
Concernant la méthanisation, le plan Énergie Méthanisation Autonomie Azote (EMAA) présenté en mars 2013 a pour objectif de favoriser la mise en place 1000 méthaniseurs à l'horizon 2020 et de développer la méthanisation agricole collective de taille intermédiaire, ce qui représente un complément de revenus pour les exploitations agricoles. Le plan consiste essentiellement à la mise en place de soutien et d'accompagnement aux projets de méthanisation. [201].  
Actuellement, les aides à l'investissement attribuées par les collectivités, les conseils généraux, l'ADEME, les fonds FEDER et FEADER et le Ministère de l'Agriculture (28 millions d'euros dans le cadre du plan de performance énergétique) permettent de subvenir entre 20 et 30% des coûts d'investissement. [201].  
Par ailleurs, le tarif de rachat de l'électricité issue de méthanisation est compris entre 11,19 c€/kWh et 13,38 c€/kWh selon la puissance de l'unité. A cela, s'ajoute jusqu'à 4 c€/kWh de prime d'efficacité, ce qui permet d'atteindre un rachat compris entre 15,19 c€/kWh et 17,38 c€/kWh contre 14,4 c€/kWh pour le tarif EDF. [202] ;
- Chimie et matériaux biosourcés, secteurs à haute valeur ajoutée  
L'intérêt de la valorisation dans le secteur de la chimie et de certains matériaux biosourcés réside dans la forte valeur ajoutée des produits. Les investissements sont moins importants que les investissements pour la valorisation énergétique, et ne demandent pas de grande quantité à approvisionner. [165] ;
- Valorisation de ressources peu exploitées  
La rafle de maïs semence est collectée en même temps que le grain, donc directement récupérée par les coopératives. C'est une ressource intéressante car elle est peu exploitée et sa collecte est déjà prise en charge. [166]  
La paille de riz a une teneur en silice élevée ce qui limite son utilisation en alimentation animale ou en litière. La ressource est donc disponible pour d'autres usages comme les matériaux biosourcés. Son utilisation pour la combustion est à éviter car la silice entraîne la formation de mâchefer qui détériore les chaudières [184] ;
- Contractualisation  
Une contractualisation pluriannuelle permettrait de sécuriser la récolte des pailles et donc l'approvisionnement. Cela aurait pour conséquence de lisser les prix, de dégager des possibilités pour d'autres marchés et de sécuriser les investissements. Une modulation de la contractualisation selon les rendements et/ou la qualité est à envisager.

### **3.3. Issues de silos**

#### **Issues de silos**

*coproduits du travail du grain, grains cassés ou hors norme, coques, poussières, lots défectueux etc...*

Ressources totales :

**Type(s) d'utilisation :**

Electricité et chaleur

<u>Ressource disponible</u> : Entre 150 000 et 650 000 tMS <u>Ressource potentiellement mobilisable</u> : 45 000 à 132 000 tMS <u>Ressource mobilisée</u> : A minima 17 600 tMS d'après les projets recensés	<input type="checkbox"/> Biocarburants 1G et 2G <input checked="" type="checkbox"/> Matériaux biosourcés <input checked="" type="checkbox"/> Chimie
--	---

**Messages clés**

La ressource en résidus de cultures annuelles se concentre principalement dans les régions Bourgogne, Auvergne, Nord Pas de Calais et Languedoc Roussillon Centre. Elle est disponible en faible quantité mais également très peu valorisée dans la production d'énergie et de produits biosourcés.

Les études d'estimation de cette ressource utilisent la même méthodologie mais les résultats varient selon les sources de données utilisées et les taux de mobilisation et de valorisation considérés. Aucune étude nationale n'estime la ressource mobilisée, pourtant différents projets de valorisation existent et utilisent autour de 20000 tonnes d'issues de silos.

De manière générale, les filières de valorisation sont déjà implantées, principalement pour l'alimentation animale. La ressource valorisable restante est peu connue car les coopératives recensent peu les tonnages d'issues de silos qu'elles doivent traiter.

**Données économiques :**

- Coût des marchés : Prix des agropellets 110 – 160 €/t [24]
- Coût des équipements de valorisation (ANCRE) :
  - o Méthanisation : investissement entre 0,5 et 15 M€ soit 6 et 11 k€ par kWél installé
  - o Combustion : Chaudières : 500 à 900 €/kW pour installations > 1,5 MW (1 100 à 1 300 € sinon) auxquels il convient d'ajouter 300 à 500 €/kW si réseau de chaleur

**Synthèse des usages par type de ressource, évalués selon :**

- leur niveau de développement actuel (++, +, -, --)
- et leur potentiel de développement (**fort**, **moyen**, **faible ou nul**)

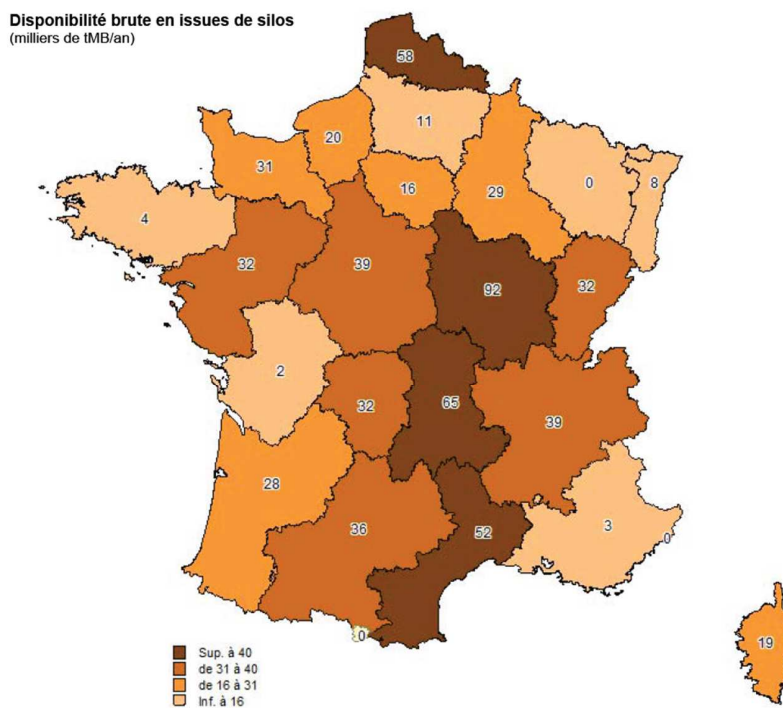
	Combustion	Méthanisation	Biocarburants de 1G et 2G	Matériaux biosourcés	Produits chimiques biosourcés
<b>Issues de silos</b>	+	-	--	--	--

## I – Caractéristiques techniques et économiques de la ressource

### Surfaces d'exploitation des cultures annuelles et rendement à l'hectare en ressource biomasse

	Production de grains (années 2013 à 2014) [10]	% de collecte (issues/grains) [203]
<b>Issues de silos</b>	58 100 millions de tonnes de grains de céréales 5 900 millions de tonnes d'oléagineux 610 milles tonnes de protéagineux	0,25 et 1% de la collecte de grains

D'après l'observatoire national des ressources en biomasse, les régions qui concentrent les plus importants gisements d'issues de silos sont les régions Bourgogne, Auvergne, Nord Pas de Calais et Languedoc Roussillon [10].



Source : FranceAgriMer, campagne 2013-2014

Figure 5 Estimation régionale de la ressource disponible en issues de silos

### Ressource disponible

Volume Total Produit (milliers de tMS/an)	ONRB 2012 [144]	ONRB 2015 [10]	ADEME 2013 [145]	Services Coop de France [166]
<b>Issues de silos</b>	439	646	440	150-200

### **Analyse critique des méthodes d'estimation de cette ressource**

- La méthode de détermination de la ressource disponible est semblable pour l'ensemble des études : il s'agit de multiplier l'assolement des cultures par la production de grains/ha, puis par le ratio de production d'issues de silos. Les différences subsistant entre les études sont relatives aux sources de données et aux ratios de production d'issues considérés. Tandis que les études ONRB considèrent que le ratio de production des issues de silos représente en moyenne 1% du taux de collecte des grains, l'étude ADEME (gisement pour la méthanisation) est plus précise en prenant en compte les ratios de production de chaque type de cultures (céréalières et oléagineuses) ;
- En 2012, l'ONRB ne considérait que les issues de céréales. Dans l'étude de 2015, les issues de graines oléagineuses et protéagineuses sont également prises en compte. L'étude ADEME considère uniquement les issues de céréales des graines d'oléagineux et de céréales. L'estimation de l'ONRB 2015 est donc la plus complète en termes de périmètre.

### **Détail des méthodes d'estimation de la ressource disponible**

- Etudes ONRB 2012 [144] et 2015 [145] :  
Ressource disponible = quantité produite = production de grains x 1%  
Production de grains obtenue à partir des données FranceAgriMer 2013-2014.  
Le volume des issues est estimé à 1% de la collecte de grains de céréales, de maïs, d'oléagineux et de protéagineux.
- ADEME, gisement pour la méthanisation, 2013 [145]  
Ressource disponible = quantité produite = production de grains x ratio de production  
Production de grains obtenue à partir de l'assolement et des rendements grain par type de cultures (Sources : RGA 2010)  
Les ratios de production d'issues par types de grains sont les suivants (Source FRCA) :

	<b>Blé</b>	<b>Orge</b>	<b>Maïs</b>	<b>Autres céréales</b>	<b>Colza</b>	<b>Tournesol</b>
<b>Issues de silos produites (% des tMB de grains)</b>	0,35	1,1	0,8	0,5	1,7	1,7

- Services Coop de France, Fiche Technique Issues de silos, 2015 [203]  
Ressource disponible = quantité produite = production de grains x ratio de production  
Production de grains obtenue à partir de l'assolement et des rendements grain par type de cultures (Sources : Eider Campagne 2013 – 2014).

#### Estimations régionales

La méthodologie est similaire à celle de l'étude ADEME, gisement pour la méthanisation, 2013

- Ile de France, 2013 [177] : 17 600 tMB, 2013.
- Alsace, 2013 [204] : 11 440 tMS, même méthodologie et même sources que l'étude ADEME, gisement pour la méthanisation, 2013
- Poitou-Charentes [205] : 26 400 tMS, même méthodologie et même sources que l'étude ADEME, gisement pour la méthanisation, 2013

#### **Ressource possiblement mobilisable**

<b>Volume Total Produit (milliers de tMS/an)</b>	<b>ONRB 2012 [144]</b>	<b>ONRB 2015 [10]</b>	<b>ADEME 2013 [145]</b>	<b>Services Coop de France [166]</b>
<b>Issues de silos</b>	ND	ND	132	45-60



### **Analyse critique des méthodes d'estimation de cette ressource**

- La ressource potentiellement mobilisable en résidus de cultures annuelles correspond à la ressource qui est d'une part récoltée et d'autre part qui n'est pas utilisée pour d'autres usages : alimentaire (alimentation animale) et agronomique (litière animale) ;
- La ressource possiblement mobilisable est déterminée de manière similaire entre l'étude ADEME (gisement pour la méthanisation) et l'estimation de la fiche technique sur les issues de silos de Services Coop de France. La quantité produite est multipliée par le taux de mobilisation (obtenu en estimant le taux de valorisation pour d'autres usages (alimentation animale)).  
Ressource possiblement mobilisable = Quantité produite x (1-Σ(taux de valorisation pour d'autres usages)) ;
- Les études ONRB n'ont pas estimé de taux de mobilisation des issues de silos ;
- Les taux de mobilisation varient entre 10 et 30 % selon les études, ce qui entraîne des variations dans les estimations de la ressource potentiellement mobilisable. Les hypothèses émises ou les sources utilisées pour déterminer les taux de mobilisation ne sont pas précisées dans les études, ce qui ne permet pas d'identifier la cause de ces écarts ;
- Les études s'accordent sur un taux de mobilisation hors alimentation animale entre 20 et 30% ;
- L'étude alsacienne considère au-delà du taux de mobilisation hors alimentation animale, un taux de collecte de la ressource dans les silos de 50%.

### **Méthode d'estimation de la ressource possiblement mobilisable**

- ADEME, gisement pour la méthanisation, 2013 [145]  
Taux de mobilisation de 30% de la ressource totale d'issues de silos, en considérant que la majorité est utilisée en alimentation animale ;
- Services Coop de France, d'après l'expert contacté [166] ;  
Taux de mobilisation : environ 30% des issues sont mobilisables pour des usages hors alimentation animale.

Estimations régionales :

- Nord Pas de Calais, 2010 [206] : 5 800 tMS.  
Cette estimation a été obtenue à partir d'enquêtes téléphoniques auprès des coopératives agricoles et des négociants. Il faut ajouter environ 800 tMS/an d'issues de silos provenant des coopératives et négociants belges ;
- Alsace, 2013 [204] : 1 144 tMS  
Le taux de mobilisation global est de 10% : 20% des issues sont mobilisables hors valorisation en alimentation animale et le taux de collecte dans les silos est de 50%.

### **Ressource réellement mobilisée**

- A ce jour, aucune étude n'estime la ressource réellement mobilisée d'issues de silos pour la production d'énergie ou de produits biosourcés ;
- Les projets recensés dans la littérature considèrent que 39 000 tonnes d'issues de silos (MB) sont valorisées aujourd'hui en combustion et méthanisation.

### **Potentiel de développement de la ressource**

Voir Section 4 du rapport « Prospective à horizon 2035 ».

## **II – Usages et hiérarchisation**

### **Valorisation énergétique (électricité et chaleur)**

Les valorisations énergétiques principales sont la combustion puis la méthanisation, cependant elles sont très peu développées et représentent des quantités marginales.

### **Contenu énergétique**

	<b>Pouvoir Calorifique Inférieur (MWh/t) [10]</b>	<b>Pouvoir méthanogène (m<sup>3</sup> CH4/t MS)</b>
<b>Issues de silos</b>	4-5	250

### **Combustion**

- L'utilisation des issues de silos est principalement prise en charge par les coopératives. Lorsqu'elles ne sont pas exportées dans l'alimentation animale, les issues de silos sont essentiellement incinérées. [165] ;
- Exemples de projets existants :
  - La commune d'Etampes a mis en place en 2009 une filière de production d'agro-pellets (agro-combustibles sous forme de granulés issus de différentes biomasses agricoles et forestières) ainsi qu'une chaudière pilote. Elle valorise des copeaux de bois issus d'une scierie et 2 000t d'issues de silos. Depuis 2014, la filière s'organise uniquement autour de la vente d'agro-pellets à des structures privées et de particuliers dans un rayon de 150km. [177] [207]
  - En 2011, l'unité de combustion Soufflet de Nogent sur Seine, en Champagne Ardennes, valorisait 12 000t de poussière d'orge produisant 38 000MWh. Le montant des investissements s'élevait à 4 millions d'euros, dont 40% ont été financés par l'ADEME dans le cadre du « Fonds Chaleur » créé à la suite du Grenelle de l'Environnement. [208]
  - Depuis 2013, la société Boortmalt, en Indre, alimente sa malterie en chaleur à partir d'une chaudière de 4MW, consommant 5000 t/an d'issues d'orge. [203].

### **Méthanisation**

- Les issues de silos ont un bon potentiel méthanogène, et sont donc méthanisées, lorsque certains adhérents de la coopérative possèdent les infrastructures permettant ce type de valorisation. Les volumes d'issues méthanisées sont toutefois marginaux. [165] ;
- Il est toutefois conseillé de les valoriser avec d'autres intrants comme du lisier pour avoir une humidité optimale à la méthanisation. [203] ;
- Exemple de projet existant :
  - Depuis 2013, le site de méthanisation sur la ferme d'Arcy mobilise chaque année 12 000 tonnes d'intrants en biomasse dont 1 000 tonnes de poussières de céréales. La production d'énergie s'élève à 0,0007 Mtep/an. Le montant des investissements est de 5 millions d'euros dont 30% sont subventionnés. [209].

### **Production de matériaux biosourcés**

D'après une étude de l'ADEME (2015) [210] recensant les co-produits et résidus de biomasse valorisés pour les filières de la chimie et des matériaux biosourcés, les issues de silos pourraient être valorisées dans la production d'emballages.

### **Etat de l'usage en chimie**

L'étude ADEME (2015) sur les coproduits et résidus de biomasse, indique que les issues de silos pourraient être valorisées comme agent de charge dans différents domaines : la santé animale, la cosmétique.

### **Impacts environnementaux**

- La valorisation des issues de silos peut avoir des impacts en termes d'émissions de gaz à effet de serre.  
Ces impacts sont négatifs dans le cas de consommations d'énergies supplémentaires liées au **transport**, lorsque plusieurs acteurs interviennent au sein des filières. [166]  
Ils peuvent également être positifs, lorsqu'ils sont liés à une réduction d'émissions de gaz à effet de serre relatifs à l'**utilisation d'énergies renouvelables** :
  - La malterie Boortmalt a réduit de 4 300t/an ses émissions de CO<sub>2</sub>, les cendres produites peuvent également être valorisées en épandage agricole à condition qu'elles ne contiennent pas une quantité trop importante de métaux lourds. [211]
  - L'unité de combustion Soufflet, valorisant les poussières d'orge, a réduit son empreinte carbone de 9 700 t de CO<sub>2</sub>. [208] ;

- La valorisation en combustion comporte un **risque de dégagements de HCl et de NOx** dans les fumées, dus aux produits phytosanitaires se trouvant sur les issues de silos. [166].

### III – Analyse des freins et leviers à la mobilisation des ressources agricoles actuelles

#### Les principaux freins à la mobilisation

*Le manque de débouchés des filières de valorisation et l'absence de mobilisation de la ressource par les coopératives limite l'utilisation des issues de silos et en font une ressource peu exploitée. La compétition d'usages avec l'alimentation animale limite également les autres types de valorisation.*

##### Freins liés à la connaissance

- Les données sur la ressource sont souvent surestimées. Par exemple, la bibliographie mentionne environ 1% d'issues de céréales par rapport à la production de céréales. En réalité, le chiffre serait plutôt de 0.5% voire moins.

##### Freins techniques

- Les issues de silos comportent rarement des corps étrangers (roche, terre) qui rendent difficile leur utilisation dans les chaudières. [203] ;
- Concernant la combustion, les issues de silos favorisent la production de mâchefer et fumées acides, il faut intégrer des techniques spécifiques pour piéger les substances corrosives et des grilles mobiles pour évacuer les cendres. [203] Les technologies existent mais sont chères, les granulés de bois sont plus intéressants en terme de prix. [165].

##### Freins économiques

- La **faible densité des issues** engendre un transport difficile et coûteux. En règle générale, les sites de valorisation se trouvent à proximité des silos et le transport peut se faire par bennes couvertes. La granulation permettrait de contrer cette difficulté et d'étendre le rayon d'approvisionnement, cependant cette technique est coûteuse. [203] ;
- La ressource en issues de silos est difficile à évaluer car les quantités varient chaque année suivant la qualité du grain récolté et le process utilisé. Ceci limite la mise en place de filières de valorisation [165] ;
- Concernant la combustion, elle est peu développée actuellement par manque de débouchés. [165] A titre d'exemple, le projet de développement de la combustion à partir d'issues de silos à Etampes fait face à des problèmes de développement et d'organisation de filière : la filière locale doit s'étoffer du côté des fournisseurs de biomasse ainsi que du côté des débouchés pour être une filière pérenne. [207].

##### Compétition d'usages

- L'alimentation animale représente 70% de la valorisation actuelle des issues de silos [166]. En cas de mobilisation croissante des issues de silos pour un usage autre que l'alimentation animale, il est nécessaire de porter une attention particulière à ne pas déstructurer une filière existante pour en favoriser de nouvelles ;
- Les issues peuvent également être valorisées en compost. [203].

#### Les principaux leviers à la mobilisation

*Les issues de silos représentent une ressource intéressante car il s'agit d'un déchet qui tend à devenir un co-produit de la récolte des grains. La filière de récupération est donc déjà souvent mise en place par les coopératives agricoles. Concernant la combustion, les issues de silos ont un bon PCI. La production d'agropellets permet de réduire les effets négatifs de la combustion (cendres, fumées toxiques) et de faciliter le transport de la matière.*

##### Levier technique

- La ressource en issues de silos est utilisable tout au long de l'année, permettant un **approvisionnement continu en biomasse** pour les industriels, contrairement aux cultures qui ont des approvisionnements périodiques [166].

##### Levier économique

- **De nombreuses politiques incitatives concernant la méthanisation**

Le plan Énergie Méthanisation Autonomie Azote (EMAA) soutient le développement de la méthanisation agricole collective de taille intermédiaire en ayant pour objectif de favoriser la mise en place 1000 méthaniseurs à l'horizon 2020. De plus, les aides à l'investissement (collectivités, conseils généraux, ADEME, fonds FEDER et FEADER, Ministère de l'Agriculture) permettent de subvenir entre 20 et 30% des coûts d'investissement. [202] Par ailleurs, le tarif de rachat de l'électricité issue de méthanisation est compris entre 11,19 c€/kWh et 13,38 c€/kWh selon la puissance de l'unité. A cela, s'ajoute jusqu'à 4 c€/kWh de prime d'efficacité, ce qui permet d'atteindre un rachat compris entre 15,19 c€/kWh et 17,38 c€/kWh contre 14,4 c€/kWh pour le tarif EDF. [212] ;

- La valorisation principale en alimentation animale risque de diminuer du fait de l'évolution à la baisse des cours des céréales, qui rendent la valorisation énergétique plus compétitive. [165].

#### Levier réglementaire

- Le renforcement de la loi sur les **mycotoxines** devrait limiter l'exportation des issues de silos vers l'alimentation animale. [177]

### 3.4. Résidus de cultures pérennes

#### Résidus de cultures pérennes : résidus issus de l'arboriculture et de la viticulture

*Le bois peut être issu de l'entretien courant, de la taille (sarments et branches fruitières), du renouvellement de parcelles (ceps en viticulture, charpentières et troncs en arboriculture) ou de l'arrachage sans replantation.*

Ressource totale :

Ressource disponible : Entre 1 et 2 Millions de tMS

Ressource potentiellement mobilisable : entre 646 000 et 660 000 tMS

Ressource mobilisée : Entre 100 et quelques milliers de tMS

**Type(s) d'utilisation :**

- Electricité et chaleur
- Biocarburants 1G et 2G
- Matériaux biosourcés
- Chimie

#### Messages clés

La ressource en résidus de cultures pérennes se concentre principalement dans les régions du Sud de la

#### Données économiques :

- Coût de marché : Prix des agropellets 110 – 160 €/t [328]
- Coût logistique : broyeur autour de 200€/ha, presse à ballots, 115 000€ ; 37 à 53€ la tonnes de MS (déchetage stockage, séchage)
- Coût de valorisation
  - o **Combustion** : Chaudières : 500 à 900 €/kW pour installations >1,5 MW (1 100 à 1 300 € sinon) auxquels il convient d'ajouter 300 à 500 €/kW si réseau de chaleur
  - o Chaudières .nar cogénération 250 M€.

France, l'Aquitaine, le Languedoc Roussillon, la Provence Alpes Côte d'Azur et le Rhône Alpes. C'est une ressource relativement disponible mais peu valorisée dans la production d'énergie et de produits biosourcés.

Les études d'estimation de cette ressource utilisent majoritairement la même méthodologie datant de 2008. L'étude Europruning, datant de 2014, utilisant une autre méthodologie, présente des résultats différents car elle prend en compte un plus grand nombre de facteurs (influence du climat,...) pour déterminer la ressource disponible.

Les résidus de cultures pérennes sont principalement valorisés en combustion. De manière générale, les coûts logistiques de valorisation sont élevés et les résidus mobilisés hors de la parcelle sont communément brûlés sur l'exploitation. La valorisation des sarments de vignes et branches d'arbres fruitiers dans une chaudière biomasse a lieu suivant la volonté de l'exploitant et généralement pour un

usage personnel. Il y a peu de projets de mise en commun de la ressource pour alimenter une chaudière collective.

**Synthèse des usages par type de ressource, évalués selon :**

- leur niveau de développement actuel (++, +, -, --)
- et leur potentiel de développement (**fort**, **moyen**, faible ou nul)

	Combustion	Méthanisation	Biocarburants de 1G et 2G	Matériaux biosourcés	Produits chimiques biosourcés
Résidus de taille de la vigne (sarments)	-	--	--	--	--
Résidus de l'arrachage et du renouvellement de la vigne (ceps)	-	--	--	--	--
Résidus de taille de vergers	-	--	--	--	--
Résidus de l'arrachage et du renouvellement des vergers	-	--	--	-	--

**I – Caractéristiques techniques et économiques de la ressource**

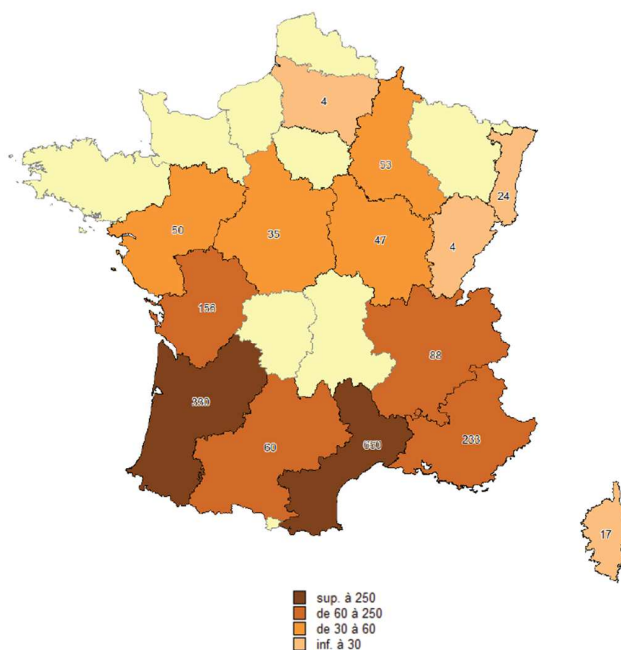
**Surfaces d'exploitation des cultures annuelles et rendement à l'hectare en ressource biomasse**

	Surface (Milliers d'ha) en 2013 [10]	Rendement (tMS/ha/an)
Résidus de taille de la vigne (sarments)	805	0,8 à 2 [166] [213] [69]
Résidus de l'arrachage et du renouvellement de la vigne (ceps)	805	7,7 à 13,6 [2]
Résidus de taille de vergers	122	1,5 à 2,3 [2]
Résidus du renouvellement et de l'arrachage des vergers	122	80t MB/ha [214]

D'après l'Observatoire Nationale des Ressources en Biomasse, les régions qui concentrent les plus importants gisements : [10]

- Languedoc Roussillon et Aquitaine pour les sarments et ceps de vigne ;
- Provence Alpes Côte d'Azur, Rhône Alpes, Languedoc Roussillon et Aquitaine pour les bois de vergers.

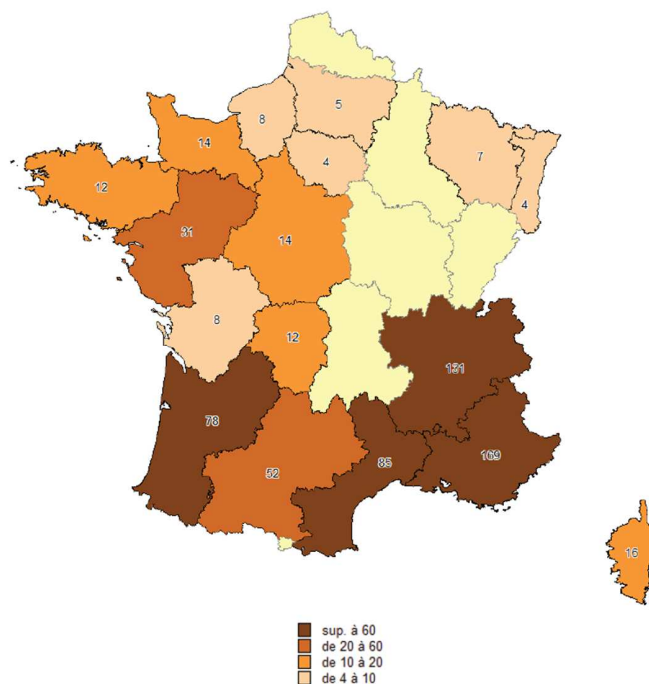
Production totale (VTP) de sarments et ceps de vignes  
milliers de tonnes de MS/an



Source : Étude ADEME-IFN-FCBA-SOLAGRO - 2009

Figure 6 : Estimation régionale de la ressource disponible en sarments et ceps de vigne

Production totale (VTP) de bois provenant de l'entretien/renouvellement des vergers  
milliers de tonnes de MS/an



Étude ADEME-IFN-FCBA-SOLAGRO - 2009

Figure 7 : Estimation régionale de la ressource disponible en bois de vergers

## Ressource disponible

Volume Total Produit (milliers de tMS/an)	IFN-FCBA-SOLAGRO 2009 [2]	ONRB 2012 [144]	ONRB 2015 [10]	Europruning 2014 [69]
Volume total	2 396	2 396	2 401	1 036,5
Résidus de taille des vignes (Sarments)	1 381	1 750	1 751	1 036,5
Résidus d'arrachage et de renouvellement des vignes (Sarments et ceps)	369			ND
Résidus de taille des vergers	352	646	650	ND
Résidus de l'arrachage et du renouvellement des vergers	294			

### Analyse critique des méthodes d'estimation de la ressource disponible

- IFN-FCBA-SOLAGRO, Biomasse forestière, populicole et bocagère disponible pour l'énergie à l'horizon 2020, 2009 [2]

L'étude ADEME tient compte des rendements de biomasse de manière plus précise que les autres études, avec un détail pour chaque région et pour chaque type de bois issus de la taille et du renouvellement.

Cependant, l'étude ADEME ne se focalise que sur les ressources disponibles pour la valorisation énergétique. Les ressources disponibles en bois d'oliviers et de châtaigniers issues du renouvellement et de l'arrachage ne sont pas estimées car elles sont principalement valorisées en bois d'œuvre et non dans le secteur de l'énergie. [4].

La plupart des estimations de ressource disponible en résidus de cultures pérennes utilisent la méthodologie de l'étude ADEME, qu'elles soient régionales (Poitou-Charentes [213]) ou nationales (ONRB 2012 et 2015 [10] [144]) ;

- EuroPruning, Mapping and analysis of the pruning biomass potential in Europe, 2014 [69]

Dans le rapport d'Europruning, seuls les résultats concernant la ressource disponible en résidus de taille de vigne sont disponibles. Le rendement, ou ratio de production de sarments, est compris entre 1,2 et 1,45 t/ha. Il est établi à l'aide de la modélisation Koeppen Climate qui permet d'intégrer l'influence du climat.

L'étude ne permet pas à ce stade de fournir suffisamment de renseignements sur l'estimation de la ressource, mais des résultats supplémentaires devraient être disponibles prochainement. [69].

### Détail des méthodes d'estimation de la ressource disponible

- IFN-FCBA-SOLAGRO, Biomasse forestière, populicole et bocagère disponible pour l'énergie à l'horizon 2020, 2009 [2]

Ressource disponible = surface x productivité de biomasse

#### Surfaces de production

Source : statistique agricole annuelle SAA 2006

Seules les régions où ces gisements sont significatifs sont analysées, c'est-à-dire les régions ayant au moins :



- o 1 500 ha de vignes en production -> les régions Auvergne, Limousin, Lorraine, Ile-de-France, Nord-Pas-de-Calais, Bretagne, Basse-Normandie et Haute-Normandie sont exclues (soit 2 171 ha) ;
- o 1 000 ha de vergers en production -> les régions Auvergne, Bourgogne, Champagne-Ardenne, Nord-Pas-de-Calais et Franche-Comté, soit 2 169 ha, sont exclues.

Cela représente 838 100 ha de vignes et 143 200 ha de vergers.

### **Surfaces de renouvellement**

Pour la vigne, le renouvellement se fait tous les 40 ans. Le renouvellement moyen est estimé à 20 900ha/an.

Pour les vergers, le cycle de renouvellement est de 18 à 25 ans. La mesure moyenne utilisée est 20 ans pour la plupart des espèces et 45 ans pour les noyeraies.

### **Productivité de biomasse**

Elle est exprimée pour chaque région et pour chaque type de bois issus de la taille ou du renouvellement.

Taille de vigne : entre 1,2 et 2,13 tMS/ha suivant les régions.

Sources : études Solagro 2006, 2007 et 2008, Chambres agricultures du Languedoc Roussillon et de Poitou Charentes, organismes agricoles en PACA.

Renouvellement et arrachage de ceps :

Rendement du renouvellement et de l'arrachage = rendement moyen des ceps x densité de ceps par régions

Rendement moyen : 1,7 kgMS par cep (Chambre d'agriculture de Charente)

Densité par hectares : 5000 ceps/ha, sauf en Champagne Ardennes (8000 ceps/ha) en Pays de la Loire (4000 ceps/ha) et en Aquitaine (6000 ceps/ha) d'après les cahiers des charges des AOC.

Taille de vergers : 1,5 tMS/ha (Nesme et al 2006), 2,3 tMS/ha (Chambre Agriculture du Languedoc Roussillon 2008 - valeur appliquée aux régions PACA, Corse, et Rhône Alpes du fait de la similarité des types d'arboriculture (pêchers)) et 4,25 tMS/ha pour les oliveraies (Chambre Agriculture du Languedoc Roussillon 2008)

Renouvellement et arrachage en vergers :

Rendement du renouvellement et de l'arrachage = 25 tMS/ha

Il est obtenu en considérant que le le poids unitaire de la partie aérienne est d'environ 45 kg de bois frais en fin de cycle et que la densité d'arbre en verger semi intensif, cas le plus répandu en France est de 1 000 à 1 500 arbres/ha.

- Etudes ONRB 2012 [144] et 2015 [10]

L'étude ONRB 2012 reprend la même méthodologie et les mêmes résultats que l'étude IFN-FCBA-SOLAGRO 2009. L'étude ONRB 2015 a repris la même méthodologie que l' IFN-FCBA-SOLAGRO 2009 en actualisant les surfaces viticoles et arboricoles.

- EuroPruning, Mapping and analysis of the pruning biomass potential in Europe, 2014 [69]

Le rapport disponible correspond à la tâche 3 du projet, qui précise la méthodologie évaluant la ressource disponible.

Ressource disponible = (surfaces de production) x (ratio de production de déchets de taille)

- o Source pour les surfaces de production : Eurostat 2011

Dans le rapport, à ce stade, les informations disponibles concernent la ressource disponible en résidus de taille de vigne en prenant en compte l'influence du climat.

Le ratio de production de résidus de taille est déterminé à l'aide du modèle de zonation Koeppen climate. Il est compris entre 1,2 et 1,45 t/ha.

Le détail des surfaces viticoles considérées n'est pas chiffré précisément, un seul graphique le situe à environ 780 milliers d'ha.

La tâche 8 du projet, qui sera prochainement disponible, comprendra l'évaluation des ressources disponibles, mobilisables et mobilisées en prenant en compte les aspects techniques,

économiques et environnementaux (climat, propriétés du sol, méthodes de gestion de la ressource, ...).

#### Estimations régionales

- En Basse Normandie, 16 000 tMB/ha de bois humide issus des vergers basses-tiges (arbres de petites tailles, de 1 à 2 mètres, facilitant la récolte) sont disponibles ;
- Données : 200 ha de vergers basses tiges renouvelés chaque année produisant moyennement 80t de bois (source de données Agreste). [214].

#### Ressource possiblement mobilisable

Ressource possiblement mobilisable (milliers de tMS/an)	ONRB 2012 [144]	ONRB 2015 [10]
<b>Volume total</b>	646	660
<b>Sarments et ceps</b>	646	660
<b>Résidus de vergers</b>	ND	ND

#### **Analyse critique des méthodes d'estimation du potentiel de mobilisation**

Les études issues de la revue bibliographique n'estiment pas la ressource mobilisable en bois de vergers. Quant aux résidus de la vigne, l'AGRESTE estime, en 2006, que 79% de sarments sont retournés au sol, et ce pourcentage est repris dans la plupart des études. [2] [144] [10] [213]

#### **Méthode d'estimation de la ressource possiblement mobilisable**

- IFN-FCBA-SOLAGRO, Biomasse forestière, populicole et bocagère disponible pour l'énergie à l'horizon 2020, 2009 [2]

L'étude ADEME n'a pas évalué la ressource potentiellement mobilisable mais indique tout de même un usage de 79% des sarments de vigne comme amendement (Enquêtes pratiques culturales Agreste 2006). Les ceps ne sont pas retournés au sol car ils sont vecteurs de maladies. Quant aux résidus de vergers, la taille d'entretiens des résidus à pépins (pommiers,...) produit du très petit bois, peu propice à une valorisation (rendement de broyage peu élevé). Ils servent alors en tant qu'amendement organique, les risques phytosanitaires étant faibles. Les résidus de taille des arbres fruitiers à noyaux sont plus propices la mobilisation, car il s'agit de branches plus âgées, de plus gros diamètre, permettant la fabrication des plaquettes destinées à la combustion.

- Etudes ONRB 2012 [144] et 2015 [10]

Les études reprennent le même pourcentage de retour au sol que l'étude ADEME. Il n'y a pas d'informations sur les vergers.

#### Estimations régionales

- Une étude réalisée en Provence Alpes Côte d'Azur par la Chambre d'Agriculture PACA, en 2009, estime que la ressource mobilisable de bois issus de l'arrachage des arbres fruitiers est environ 2/3 de la ressource disponible. Cependant la méthodologie n'est pas disponible. [215]

## Ressource réellement mobilisée

Ressource réellement mobilisée (chauffage ou brûlage sur place, en milliers de tMS/an)	ONRB 2015 [10]
<b>Volume total</b>	660
<b>Sarments et ceps</b>	660
<b>Résidus de vergers</b>	ND

### Analyse critique des méthodes d'estimation de la mobilisation réelle

- Dans les études d'estimation de la ressource, les résidus de cultures pérennes réellement mobilisés correspondent à la ressource qui n'est pas utilisée pour des usages agronomiques (retour au sol) ;
- Il y a peu d'études donnant une estimation précise de la ressource actuellement mobilisée. Dans l'étude ONRB 2015, l'unique usage décrit correspond au « bois de chauffage ou brûlage sur place ». Or il n'y a pas de distinction entre ces deux usages, ce qui rend impossible d'estimer la part liée à la combustion.

### Potentiel de développement de la ressource

Voir Section 4 du rapport « Prospective à horizon 2035 ».

## II – Usages et hiérarchisation

### Valorisation énergétique (électricité et chaleur)

Actuellement, la combustion constitue le principal mode de valorisation énergétique des résidus de cultures pérennes. Les projets de combustion identifiés sont individuels (alimentation d'une chaudière biomasse) et collectifs (alimentation d'une grosse chaufferie).

La production de biocarburants à partir de résidus de cultures pérennes est encore au stade de recherche et développement. Peu de projets en cours de développement ont décidé d'utiliser ce type de biomasse.

### Contenu énergétique

	Pouvoir Calorifique Inférieur (MWh/t) [216]	Pouvoir méthanogène (m3 CH4/t MB)
<b>Résidus de taille de la vigne (sarmant)</b>	3,5-4,6	Faible
<b>Résidus du renouvellement ou de l'arrachage des vignes (ceps)</b>	3	Faible
<b>Résidus de taille de vergers</b>	5	Faible
<b>Résidus du renouvellement ou de l'arrachage d'arbres fruitiers</b>	5	Faible

### **Combustion**

Actuellement, les vignerons valorisant les résidus de taille récupèrent les sarments sur leur domaine et les utilisent majoritairement de manière personnelle pour leur chaudière (chauffage de la propriété et du chai). [166]

- En Bourgogne, par exemple, quelques bâtiments d'habitation de domaines viticoles sont chauffés par des petites chaufferies utilisant des sarments, ce qui représente quelques dizaines de kW. [217]
- En Aquitaine, le Château Poupille a mis en place les équipements nécessaires pour valoriser les sarments issus des 24ha de vignes en agriculture biologique. La quantité de ressource valorisée est comprise entre 24 et 50 tonnes. L'exploitant réalise 4900€ d'économies sur le combustible, le retour brut sur investissement sans aide se fera sur 10 ans. [218]

La Chambre d'agriculture du Gard, le Conseil général et la société Novotek ont mis en place un projet regroupant les viticulteurs (50.000 ha de vignes dans le Gard, 250 000 ha en Languedoc-Roussillon) afin de récupérer les sarments. La CUMA30 propose le matériel nécessaire pour la mise en ballot ou plaquettes. Les sarments sont ensuite transformés en granulés grâce à une unité de granulation. L'objectif est de produire localement de la chaleur et de l'électricité par cogénération. [219]

La communauté Siphem mène une étude de faisabilité pour mettre en place des récoltes de sarments à large échelle pour alimenter une chaudière collective. [166]

La filière de valorisation en combustion des résidus de vergers est organisée de telle sorte qu'elle alimente principalement les grosses chaufferies : le bois de vergers n'est pas de grande qualité du fait de la présence d'indésirables (terre, cailloux), c'est pourquoi il alimente des grosses chaufferies plutôt que des chaudières individuelles. [182]

### **Biocarburants**

L'ensemble des projets destinés à la production de biocarburant de 2<sup>ème</sup> génération est en phase de développement.

Le projet Gaya, implanté à Saint Fons, près de Lyon et porté par Engie, consiste à produire du biométhane par voie sèche à partir de 53 ressources de biomasse différentes (5 types de biomasse agricole, dont les sarments de vignes). [143] La plateforme de démonstration sera inaugurée fin 2016. Pendant deux ans, elle permettra d'établir les tests nécessaires en termes d'approvisionnement en biomasse, de gazéification, de méthanisation, de traitement du gaz de synthèse et de valorisation du carburant. L'approvisionnement en biomasse sera d'environ 900 tonnes par an au cours de ces deux années de tests. [220]

### **Production de matériaux biosourcés**

Certains arbres peuvent être utilisés en fin de vie comme bois d'œuvre recherché, c'est le cas des châtaigniers et des oliviers. [2]

### **Impacts environnementaux**

*Les principaux impacts environnementaux sont liés à l'appauvrissement des sols en matière organique en cas de réduction du retour au sol des résidus de la taille des vergers et de la vigne, et aux émissions de fumées nocives et de production de cendres enrichies en métaux lourds en cas de valorisation du bois de vergers et de la vigne en combustion.*

- Impacts environnementaux liés à l'appauvrissement des sols en matières organiques  
Les vignes et les vergers ont des restitutions organiques très faibles, les résidus de la taille doivent être retournés au sol. En cas d'exportation de la ressource pour d'autres usages, les chambres d'agriculture soulignent la nécessité de compenser les exportations de MO des sarments par un amendement organique, L'apport de cet amendement impliquerait également une augmentation des émissions de gaz à effet de serre dû au transport. [2]
- Impacts environnementaux liés à la valorisation en combustion  
En 2010, une étude, réalisée par le lycée viticole de Davayé, en Bourgogne, analysant les fumées de combustion de sarments, a montré que les fumées n'étaient pas toxiques. Toutefois, des particules nocives ont été détectées en très faible quantité dans ces fumées. [221] En comparant les fumées issues de parcelles en agriculture biologique et celles issues de parcelles en agriculture conventionnelle, leur composition apparaît toutefois similaire. [221]

En 2012, Réseau rural indique que la combustion entraîne la production importante de métaux (Zn, Cu et As) dans les cendres, suite aux pratiques culturales utilisant les produits phytosanitaires. [222]

- Impacts environnementaux liés aux émissions de gaz à effet de serre

D'après les résultats préliminaires d'Europruning, l'extraction des résidus de bois de vignes et de vergers n'entraîne pas de changement quant aux émissions de gaz à effet de serre. [223]

La valorisation par combustion peut réduire les émissions de GES par rapport à l'utilisation d'énergies fossiles. Dans le Château Poupille en Bourgogne, la chaudière à sarment entraîne une substitution de 8,6 tep d'énergies renouvelables aux énergies fossiles et permet de réduire les émissions de 14 t de CO<sub>2</sub> par an. [224]

### III – Analyse des freins et leviers à la mobilisation des ressources agricoles actuelles

#### Les principaux freins à la mobilisation

*La forte compétition entre les usages (retour au sol, compost) constitue l'un des facteurs limitants à la mobilisation des résidus de cultures pérennes. Les coûts logistiques importants et les enjeux techniques liés à la combustion du bois agricole limitent l'utilisation de cette ressource et le développement de filières de valorisation.*

#### Freins techniques à la mobilisation

- La morphologie des terrains, l'espacement entre les rangs de vigne ou de vergers peut, dans certains cas, rendre difficile la mécanisation de la récupération des résidus et limiter la mobilisation. [166]
- Il existe également un risque sanitaire potentiel lié à la manipulation des ceps de vigne contenant des résidus de traitement phytosanitaire susceptibles d'être libérés lors du broyage ou de la manutention (inhalation de poussières par le personnel). [2]

#### Freins techniques à la valorisation en combustion

- Dans certains cas, les exploitants valorisant les résidus en combustion ne sont pas toujours en possession de chaudières adaptées. Le bois issu de biomasse agricole, brûlé au sein de chaudières à bois forestier, entraîne une détérioration du matériel. Pour résoudre ce problème, il est nécessaire de renforcer le développement de chaudières poly-combustibles permettant de valoriser plusieurs types de ressources au sein d'une même chaudière. [166]
- Pour les chaudières de particuliers, la combustion des ceps et des souches de vergers est rendue difficile par la présence résiduelle de terre après arrachage. Cela impose des réglages préliminaires afin de permettre à la chaudière de supporter un peu de terre dans le foyer. [222] [182]
- Pour les grosses chaufferies, les ceps et les souches de vergers représentent des produits de moins bonne qualité que le bois forestier du fait de la présence de terre et de cailloux et de la teneur élevée en silice responsable de la formation de mâchefers. [2]
- La combustion de résidus issus du renouvellement et de l'arrachage de la vigne et des vergers entraîne également des risques de pollution de l'air lors du dégagement de fumées acides. [2]

#### Freins économiques

- **Les coûts de mobilisation sont élevés.**

Actuellement, le matériel (broyeur) utilisé pour mobiliser les résidus issus du renouvellement des vergers a des débits de chantier faibles et des coûts horaires élevés, de l'ordre de 200€/ha. Pour mobiliser ce bois, il faut donc des volumes importants sur le périmètre considéré pour rentabiliser le coût horaire d'utilisation d'un broyeur.

Les souches nécessitent l'intervention d'un broyeur lent dont les coûts horaires sont encore plus importants. [182] ;

- **La valorisation des sarments nécessite des investissements importants.**

Par exemple, le montant des investissements de la chaudière du château Poupille s'élève à 115000€. Il comprend le broyeur, la presse à ballots de sarments, la construction d'un silo, la chaudière automatique, les équipements périphérique, le réseau de chaleur, ... [221] ;

- **La rentabilité de la valorisation n'est pas garantie.**

Pour les sarments de vigne, la Chambre d'agriculture et la FDCUMA du Gard a évalué le coût global de revient (déchetage, manutention : stockage, livraison séchage,...) entre 37 et 53 € la tonne, et une recette (vente ou autoconsommation) de 50 à 65 € la tonne de bois sec (Biteau, 2008). [2] La valorisation peut être rentable à condition que les filières soient optimisées ;

- **La filière n'est pas compétitive par rapport à la filière bois**

Pour la combustion, l'utilisation de bois issu de la vigne est peu rentable comparativement à la filière bois. La qualité du produit est moindre (teneur en silice élevée, terres subsistant dans les ceps, dégagement de fumées contenant de l'HCl et des NOx), le PCI est inférieur et les coûts de production sont plus importants. [166].

Il en va de même pour le bois de vergers. De plus, la filière de valorisation en combustion des résidus de vergers est organisée de telle sorte qu'elle alimente principalement les grosses chaufferies. Les volumes d'approvisionnement ne sont pas réguliers et la densité de la ressource n'est pas toujours optimale et peut entraîner des coûts de transport conséquents. [182].

### **Freins réglementaires**

Le renforcement des législations quant aux émissions polluantes dues à l'utilisation des agro-combustibles pourrait limiter la valorisation du bois de vergers et de la vigne, et contraindre à la mise en place de systèmes coûteux de filtration des cendres au sein des chaudières. [182].

### **Frein sociologique**

Lorsque les résidus ne sont pas retournés au sol, la pratique courante est de les brûler en fin de rang. Il faut développer la sensibilisation des agriculteurs et leur montrer que la combustion en chaudière sur l'exploitation ou la revente d'agro-combustibles peuvent être un moyen d'éviter le gaspillage d'énergie et être une source de revenus supplémentaires. [225] [182].

### **Compétition avec d'autres usages**

- **Retour au sol**

Les organismes techniques encouragent la restitution au sol des résidus de la taille, une fois broyés et enfouis superficiellement. Les sols viticoles et arboricoles ayant de faibles taux en matière organique, ils ont besoin d'apport organique, même si l'amendement par les sarments n'est pas suffisant pour répondre aux besoins, il permet tout de même de réduire l'approvisionnement en amendement qui est souvent coûteux. [224] .

Cependant les avis divergent concernant le retour au sol des sarments. D'après les travaux de recherche de l'ITV, en 2002, les sarments ne sont pas considérés comme vecteurs de maladies de la vigne, contrairement aux ceps. Cependant, selon Services Coop de France, quand la vigne est malade, les sarments peuvent constituer des foyers infectieux. Il est donc préconisé d'exporter les sarments hors des parcelles. [226] ;

- **Production de compost**

Suivant les besoins de certaines régions en approvisionnement de matière organique, le compostage, encore peu développé, est intéressant.

D'après une étude de la Chambre d'Agriculture de Gironde, le compost des sarments pourrait représenter 50% du volume des intrants des sols viticoles. Il représente un amendement à fort potentiel humifère, une mesure prophylactique contre les maladies et peut être intégrer au compost d'autres coproduits (rafles, marc, effluents de chais etc.). [226] De plus, les filières peuvent s'implanter en prenant exemple sur le compostage des déchets verts déjà développé dans certaines régions [182] ;

- **Paillage horticole, litière animale**

Dans les régions déficitaires en paille, les résidus pourront être en partie utilisés en litière ou en paillage horticole. [182].

### Les principaux leviers à la mobilisation

Les leviers de mobilisation de cette ressource sont nombreux, notamment pour une valorisation énergétique. Les ceps doivent par exemple être exportés hors des parcelles car ils peuvent entraîner le développement de maladies de la vigne. De plus, les interdictions préfectorales de brûler les résidus de cultures pérennes sur la parcelle peuvent réorienter les volumes de bois mobilisés pour d'autres utilisations. Enfin le développement de techniques de mobilisation efficaces permettent d'envisager la mise en place de nouvelles filières optimisées et rentables.

#### Levier agronomique

En arboriculture et en viticulture, le bois issu de la taille ne se décompose pas facilement sur un sol trop sec ou trop riche en fongicides et insecticides et peut bloquer le développement des microorganismes. La mobilisation peut donc être un moyen de valorisation alternatif à condition que les sols soient amendés d'une autre manière. [226] [182].

#### Leviers réglementaires

La pratique courante est de brûler les résidus en fin de rang, sur la parcelle. Cependant, le brûlage des résidus sur les parcelles demande aujourd'hui une autorisation préfectorale. La valorisation en combustion peut donc constituer une alternative et être une source de revenus supplémentaires pour l'agriculteur également. [224].

#### Levier technique

- Développement de techniques innovantes et efficaces

De manière générale, la granulation permet d'obtenir un bon rendement en termes de récupération de biomasse et facilite le transport. [218] [182] Elle permet également d'envisager un mélange de matières premières dans les granulés lors de la valorisation en combustion, en fonction des ressources disponibles. Des études sont encore nécessaires pour déterminer dans quelles mesures les mélanges pourraient être effectués et quels en seraient les avantages et les inconvénients. [182]

L'entreprise H Energie en Alsace a remporté le prix Lépine en 2013 pour la fabrication d'une unité mobile de granulation permettant de limiter les coûts de transport. [218]

### 3.5. Haies et agroforesterie

L'agroforesterie désigne les pratiques, nouvelles ou historiques, associant arbres, cultures et/ou animaux sur une même parcelle agricole, en bordure ou en plein champ. Ces pratiques comprennent les systèmes agro-sylvicoles mais aussi sylvo-pastoraux, les pré-vergers (animaux pâturant sous des vergers de fruitiers) [227]

Parmi les différentes formes d'agroforesteries, seules **le bocage** a fait l'objet d'un suivi au niveau national. Les données exploitées dans cette fiche concernent majoritairement la situation du bocage. Nous apportons quelques éléments au sujet de l'agroforesterie intra-parcellaire sans pour autant pouvoir estimer une ressource.

Ressource disponible [2] :

haies et alignements : (dernières données consolidées)

770ktep/an soit 1 784 kt MS/an

Ressource mobilisée en énergie en 2009 :

397ktep/an soit 919 kt MS/an

**Type(s) d'utilisation :**

- Electricité
- Chaleur
- Biocarburants
- Biomatériaux
- Chimie
- Paillage/litière

**Messages clés :** la ressource en bois agricole est déterminée essentiellement par la ressource bocagère. Le bocage est particulièrement présent dans l'Ouest de la France et en Bourgogne. Il s'agit d'un gisement à fort potentiel mais avec une forte incertitude sur son niveau de disponibilité tant que les volumes consommés pour le chauffage domestique, collectif et industriel ne sont pas identifiés et que les pratiques d'entretien du bocage n'évoluent pas significativement vers plus de productivité.

**Lecture de la fiche** : Les commentaires en **bleu** sont des analyses de l'auteur de la fiche issues de l'exploitation des données bibliographiques et des entretiens.

**Synthèse des usages par type de ressource, évalués selon :**

- leur niveau de développement actuel (++, +, -, --)
- et leur potentiel de développement (**fort**, **moyen**, faible ou nul)

	Combustion	Méthanisation	Biocarburant	Matériaux biosourcés	Produits chimiques biosourcés	Paillage / litière
Bois de bocage	++	--	--	-	--	-
Agroforesterie intraparcellaire	--	--	--	-	--	--

**I – Caractéristique techniques et économiques de la ressource**

**Ressource disponible :**

**Haie et alignements :**

Selon la méthode ADEME, IFN, FCBA, SOLAGRO – 2009, la ressource disponible est de 770 ktep [2].

Haies et alignements	BIBE			MB			total (BIBE + MB)		
	milliers m <sup>3</sup>	ktep	kt MS	milliers m <sup>3</sup>	ktep	kt MS	milliers m <sup>3</sup>	ktep	Kt MS
ressource brute 2009 [2]	2352	526	1171	1267	283	631	3619	809	1802
ressource disponible en 2009 [2] (technico-économique)	2316	498	1153	1267	272	631	3583	<b>770</b>	1784
ressource disponible proposition mise à jour 2014 (technico-économique)	2216	477	1104	1213	260	604	3429	737	1708

Haies et alignements	milliers m <sup>3</sup>			Kt MS			ktep		
	BIBE	MB	total (BIBE + MB)	BIBE	MB	total (BIBE + MB)	BIBE	MB	total (BIBE + MB)
ressource brute 2009 [2]	2352	1267	3619	1171	631	1802	526	283	809
ressource disponible en 2009 [2] (technico-économique)	2316	1267	3583	1153	631	1784	498	272	<b>770</b>
ressource disponible proposition mise à jour 2014 (technico-économique)	2216	1213	3429	1104	604	1708	477	260	737

BIBE : Bois d'Industrie Bois énergie MB : Menus-Bois



Selon les associations faisant la promotion de l'agroforesterie, environ 2 500 ha plantations intra-parcellaires auraient été réalisées depuis 2010 [228].

Les surfaces en prés vergers (pommiers, poiriers, noyers) sont estimées à 165 000 ha [228].

#### **Méthode d'estimation de la ressource disponible :**

La méthode est celle utilisée dans le rapport ADEME 2009 [2].

**La ressource brute s'appuie sur les inventaires LHF** (Ligneux Hors Forêt) de l'IGN (qui s'appelait avant l'IFN) [229]. Les informations levées sur le terrain par l'IGN permettent de définir une typologie et une répartition géographique des linéaires. Le linéaire est ensuite corrigé en fonction de la discontinuité des alignements (en utilisant la perméabilité). Des ratios de productivité établis en Bretagne [230] sont ensuite corrigés pour être adaptés dans toutes les régions (selon des critères pédoclimatiques). Le croisement entre la typologie des haies et les ratios de productivité permettent d'approcher la ressource brute.

La **ressource disponible (ou technico-économique)** est la différence entre la disponibilité brute et le gisement inexploitable (économiquement). En effet le principal facteur déterminant le caractère exploitable ou non de la haie est le facteur économique. La perte de bois lors de l'exploitation est déjà intégrée dans les ratios de productivité utilisés dans la méthode d'estimation [230]. La sensibilité des sols n'est pas non plus considérée comme un frein à l'exploitation du bois énergie (peu de risque d'appauvrissement de la fertilité des surfaces agricoles par l'effet de l'exploitation des haies [2]).

#### **Méthode pour la proposition de mise à jour :**

Afin d'approcher l'évolution du linéaire bocager entre 2009, date de la dernière étude consolidée sur la ressource en bois bocager, et aujourd'hui, nous avons comparé les données des enquêtes TERUTI. La comparaison des enquêtes TERUTI –LUCAS 2009 et 2014 [231] montre une **réduction du linéaire recensé de 4,3%**

- surface de haies et alignement d'arbres en 2009 : 987 079 ha
- surface de haies et alignement d'arbres en 2014 : 944 546 ha soit une baisse de 4,3%

#### **Analyse critique des méthodes d'estimation :**

##### *1- La méthode ADEME, IFN, FCBA, SOLAGRO - 2009 [2]*

L'estimation s'appuie sur plusieurs hypothèses qui permettent de cerner les limites de l'analyse. Voici les plus déterminantes :

- **représentativité de la méthode d'inventaire IFN LHF** : En 2009, les données de l'IGN s'appuyaient sur 3 années de campagne. L'inventaire a été construit pour fournir une approche représentative des linéaires à partir d'une méthode basée sur la photo-interprétation. Cependant, les informations enregistrées lors des levées terrain qui accompagnent cette campagne ne sont pas recoupées avec les résultats de la photo-interprétation qui ne sont donc pas corrigés (est-ce qu'un linéaire repéré sur photo comme une haie en est bien une ?) [229]. Pour anticiper cette difficulté, l'étude 2009 a pris comme hypothèse que le linéaire issu de la photo-interprétation était surévalué de 25% (hypothèse s'appuyant sur une comparaison réalisée par l'IFN en Bretagne entre d'une part le linéaire observé sur photographies et d'autre part le contrôle sur le terrain [2]). ***La représentativité de cette méthode d'inventaire n'est pas remise en question mais pourrait être affinée en valorisant les données de terrain existantes et produites chaque année au niveau national.***

- **Robustesse de l'analyse par type de haie** : la méthode 2009 a aussi exploité les données des levées terrain pour effectuer une ventilation des linéaires selon une typologie de haies. Or la robustesse des résultats dépend de la représentativité des données fournies par les levées terrain. Etant donné que les données terrain ont été stratifiées pour faire une ventilation par types de haies et que l'analyse s'appuyait

sur seulement 3 campagnes de terrain il est possible que cette analyse soit fragile. L'inventaire IGN LHF s'est poursuivi entre 2006 et 2014 au rythme de 55000 points photo-interprétés et de 400 points levés sur le terrain chaque année (soit 3600 points décrits depuis) [229]. **La quantité de données plus importante aujourd'hui permettrait sans donc d'améliorer la robustesse de l'analyse si l'exercice était renouvelé.**

- **Hypothèse de productivité optimale de chaque type de haie** : l'étude de ressource 2009 s'est clairement appuyée sur l'analyse d'un **potentiel de ressource brute basé sur l'hypothèse d'une mise en place de pratiques d'entretien favorisant une productivité optimale** pour chaque type de haie : cette hypothèse était en 2009 éloignée de la réalité et les auteurs précisait bien que leur méthode ne permettait pas d'estimer une ressource disponible existante mais plutôt d'aboutir à une **disponibilité potentielle en bois obtenue à moyen terme** (15-20 ans, soit après un cycle de production), une fois les bonnes pratiques de gestion appropriées mises en place [232]. **Les chiffres présentés surestiment la ressource existante dans la mesure où ils correspondent à une ressource potentielle.**

- une **estimation de la productivité** de chaque type de haie dont la fiabilité n'a pas été testée à l'échelle nationale : les chiffres de productivité utilisés dans l'Ouest de la France ont servi de références [230]. Ils ont été extrapolés sur toute la France avec une correction par région selon les conditions pédoclimatiques constatées sur les peuplements forestiers locaux [2]. Ils ont ensuite été croisés avec les types de linéaires recensés par la méthode IFN. **Cette modélisation de la productivité par région n'a pas été testée mais seulement confrontée avec les retours de terrain d'acteurs locaux enquêtés.**

#### 2- La méthode TERUTI-LUCAS [231]

Cette méthode recense les types d'occupation des sols. Les linéaires boisés sont repérés mais ne sont pas décrits à un niveau de précision qui permettrait de déterminer le type de haie. **Cette méthode ne permet pas de qualifier les haies recensées selon la typologie évoquée plus haut ni de leur appliquer des ratios de productivité. Elle traduit néanmoins l'évolution du maillage bocager sur le territoire.**

#### 3- Limite de la proposition de mise à jour de la ressource disponible

A défaut de données consolidées actualisées, cette proposition s'appuie sur une extrapolation de données bibliographiques mais ne constitue pas une approche analytique de données actualisées. La comparaison des enquêtes TERUTI 2009 et 2014 montre une réduction du linéaire recensé de 4,3%. La ressource disponible évaluée par la méthode ADEME, IFN, FCBA, SOLAGRO - 2009 a été réduite d'un coefficient de 4,3%

**La comparaison des chiffres TERUTI-LUCAS avant et après 2012 n'est pas possible**, notamment pour l'occupation des sols par des Haies et Alignements d'arbres sur des surfaces occupées pour un usage agricole car la méthode TERUTI –LUCAS a évolué à cette date. Depuis 2012 les points sur ces surfaces sont renseignés par les déclarations de surfaces des demandeurs d'aide PAC (via le Registre Parcellaire Graphique - RPG) [233]. **La tentative de mise à jour qui s'appuie sur une baisse de linéaire de -4,3% est fragilisée par ce changement méthodologique.**

(1) Pour information, les données TERUTI indiquaient une régression du linéaire bocager entre 1993 et 2001, de l'ordre de 0,4% par an [2].

(2) Une comparaison a été faite en Bretagne sur la base des données TERUTI et d'un complément d'enquête de terrain entre l'année 1996 et l'année 2008. La régression était estimée à 1% par an sur la région [234].

**Selon que la dynamique s'inscrive dans le scénario (1) ou (2), on peut estimer que la régression aurait été entre 2,4% et 6% entre 2009 et 2014. La comparaison TERUTI 2009 et TERRUTI 2014 fourni une valeur médiane qui reflète la tendance passée au cours des années 90 et 2000.**

#### 4- Autres pistes de méthodes déjà testées ou à approfondir :

- un **référentiel vectoriel** créé à partir des photo-interprétations peut être alimenté par les conseillers bocagers en utilisant des outils collaboratifs (en projet en 2016 par la FRC Pays de la Loire, en projet sur le Gers, évoqué en Bretagne dans le cadre de Breizh Bocage).
- Le **Registre Parcellaire Graphique** (RPG) pour les Déclarations PAC a été numérisé par l'IGN et sera mis en ligne à partir de 2016. Il ne permettra pas d'approche qualitative des linéaires boisés.
- **Le suivi par satellite** – via l'Observatoire Spatial Régional développé par le CESBIO (UMR CNRS, UPS, CNES, IRD) pourrait ouvrir la porte à un suivi satellite plus régulier des linéaires.
- Toutes ces méthodes de recensement doivent être couplées avec des méthodes d'évaluation de la productivité : plusieurs méthodes existent : le cubage (adaptation de tarif de cubage utilisé en

forêt, sondage à la tarière), le suivi de production sortie chantier, l'application de ratios de productivité par type de haie etc... **aucune de ces méthodes n'a fourni de références validées à l'échelle nationale** ce qui limite la fiabilité des estimations nationales.

Ces différentes méthodes sont intéressantes et parfois valorisent de nouvelles technologies. *Si une mise à jour de l'estimation de la ressource en bois bocager était envisagée dans le futur, une nouvelle approche méthodologique pourraient être construite.*

**Ressource mobilisée :****397ktep/an en 2009 [2]**

Dont 359 ktep en bûches (BIBE) et 38 ktep en plaquettes (BIBE et MB)

**Proposition de mise à jour :****473ktep/an en 2014**

Dont 359 ktep en bûches (stable [235]) et 114 ktep en plaquettes (consommation de plaquettes triplée [236])

Le tableau ci-dessous reprend les différents chiffres de la méthode ADEME, IFN, FCBA, SOLAGRO – 2009 [2] et présente en bleu la proposition de mise à jour.

	BIBE			MB			total (BIBE + MB)				
	milliers m3	ktep	ktonnesMS	milliers m3	ktep	ktonnesMS	milliers m3	ktep	ktonnesMS		
ressource brute	2352	526	1171	1267	283	631	3619	809	1802		
ressource disponible (technico-économique)	2316	498	1153	1267	272	631	3583	770	1784		
ressource disponible proposition mise à jour (technico-économique)	2216	477	1104	1213	260	604	3429	737	1708		
usage 2009	1845	397	919	non précisé			1845	397	919		
<i>bûche</i>		359								359	
<i>plaquette</i>		38								38	
ressource supplémentaire en 2009 (/ressource disponible 2009)	471	101	235	1267	272	631	1738	373	866		
usage 2014	2198	473	1095	186	40	93	2198	473	1095		
<i>bûche</i>	-	359	-	-	0	-	-	359	-		
<i>plaquette</i>	-	74	-	-	40	-	-	114	-		
ressource supplémentaire en 2014 (/ressource disponible 2009)	118	25	59	1081	232	538	1198	257	597		
ressource supplémentaire en 2014 (/ressource disponible mise à jour 2014)	18	4	9	1026	220	511	1044	224	520		

**Méthode d'évaluation du niveau de mobilisation actuel et futur :**

en considérant les hypothèses suivantes :

- Pas de mobilisation du bois de bocage pour des usages bois d'œuvre ou bois d'industrie, uniquement pour du bois énergie. [2]
- Le bois bûche d'origine bocagère représente 6% de la consommation nationale [2].
- La répartition BIBE/MB est la suivante : pour un mètre cube de bois de bocage mobilisé en plaquette, 65% provient du BIBE et 35% provient du MB [2]. L'usage en bois bûche ne permet pas de valoriser le MB. Celui-ci est coupé mais non valorisé.
- On considère une stabilité de la consommation de bois bûche entre 2009 et 2014. [235]
- Le coefficient multiplicateur de 3 correspond à la progression de la mobilisation de bois bocager constatée en Bretagne entre 2009 et 2014. [236]

**Analyse critique des méthodes d'estimation :**

- 1- La méthode ADEME, IFN, FCBA, SOLAGRO - 2009 [2]
- L'hypothèse sur les usages du bois de bocage s'appuie sur l'enquête SOLAGRO réalisée en 2009 [2].
  - L'utilisation de bois bûche d'origine bocagère est très variable selon les régions [2]. A fortiori les régions les plus bocagères ont un taux d'utilisation supérieur (26% en Basse Normandie, 18% en Pays de la Loire, 17% en Bretagne). Cette variabilité a été prise en compte en 2009.
  - L'étude ne prend pas en compte d'autres usages du bois décheté. Le bois agricole broyé sert aussi beaucoup en paillage lors de plantations d'arbre. Par exemple, en Bretagne, certaines entreprises valorisent autant de bois en paillage qu'en bois énergie (Par exemple le Collectif Bois Bocage 35 en Ille et Vilaine qui commercialise selon les années entre 2000 et 4000 tonnes de bois énergie commercialise dans le même temps 700 à 1000 tonnes de bois pour du paillage

[237]). Cet usage peut se chiffrer en milliers de mètres cubes par an dans les départements mettant en œuvre des politiques de replantation du bocage, opération nécessitant un paillage.

## 2- Limite de la proposition de mise à jour de la ressource disponible

L'estimation des volumes de bois de bocage valorisés en bois énergie est extrapolée à partir de la tendance constatée en Bretagne. Pour la même raison que si dessus (influence de la mobilisation selon que la région est bocagère ou non), *l'extrapolation du chiffre régional au niveau national doit tenir compte qu'il n'existe pas forcément de filière économique de mobilisation du bois de bocage dans les régions faiblement bocagères. Le chiffre présenté ici est donc probablement surestimé.*

De plus cette évaluation concourt à un niveau de mobilisation potentiellement très important à l'échelle nationale : 224 ktep de ressource supplémentaire estimée selon cette mise à jour pour 737ktep de ressource disponible (mis à jour) avec une utilisation quasi complète de la ressource en BIBE (4 ktep supplémentaires restantes). *Ce constat basé sur une extrapolation des chiffres bretons est fragile. Au regard de ces méthodes d'estimation le niveau de mobilisation actuel serait compris entre 50 et 65% de la disponibilité technico-économique selon qu'on prenne les chiffres 2009 ou la proposition de mise à jour.*

De plus cette ressource théorique est constituée d'un tiers de menus-bois (MB) et de deux tiers de bois BIBE.

Ce niveau de **mobilisation actuelle peut être considéré comme très élevé** pour deux raisons :

- Il s'appuie sur l'estimation d'une disponibilité technico-économique prenant en compte une évolution des pratiques de gestion du bocage constatées en 2009 pour favoriser leur productivité, ce qui est encore loin d'être le cas au niveau national en 2016.
- Selon la proposition de mise à jour du gisement mobilisé, la disponibilité en BIBE serait largement réduite. La disponibilité supplémentaire reposerait alors en grande partie sur la disponibilité en Menus-bois, ressource difficilement exploitable si la récolte s'accompagne pas de récolte de BIBE.

**Cette estimation doit être réalisée de façon plus précise en identifiant le bois de bocage dans les plans d'approvisionnement des chaufferies en fonctionnement.**

## Potentiel de développement de la ressource

Envisager une valorisation accrue nécessite comme préalable **plus de précision sur les volumes mobilisés** mais aussi une **évolution des pratiques de gestion** favorisant le développement des linéaires et l'amélioration de la productivité des haies existantes en renforçant la part de BIBE.

Etant donné le niveau de la mobilisation actuelle, l'estimation des volumes de bois de bocage valorisables dans le futur doit **rester prudente** (meilleure connaissance des usages et évolution des pratiques) pour ne pas venir déséquilibrer les autres rôles de la haie (fonctionnalités agro-écologiques).

Cependant il est nécessaire pour la pérennité des filières mobilisant du bois de bocager d'envisager des perspectives de développement de cette ressource et des marchés.

## Quel potentiel de développement du maillage bocager ?

Le programme Breizh Bocage, dispositif de plantation de haie en Bretagne qui est accompagné par la mise en place d'un réseau de techniciens bocagers sur le territoire, comptabilisait lors de son évaluation à mi-parcours en 2012 3 164km de haies plantées entre 2008 et 2011, avec une croissance permettant **d'atteindre 1584 ha en 2011** [238].

*La Surface Agricole Utile (SAU) bretonne représente 6% de la SAU nationale [239]. A l'échelle nationale, un scénario optimiste consisterait à appliquer ce rythme de croissance sans distinction de région. Ce rythme de croissance pourrait permettre d'envisager la plantation de 26 400ha de bocage par an, surface qui représente 2,8% de la surface de bocage recensée dans TERUTI 2014.*

## Quel potentiel de développement de l'agroforesterie intra-parcellaire :

Le développement de l'agroforesterie intra-parcellaire est encore embryonnaire en France mais s'appuie sur un réseau de plus en plus structuré. L'INRA chiffre entre 4 et 10% le potentiel de terres agricoles suffisamment profondes et approvisionnées en eau qui pourraient être plantés d'ici 2030. Cela représente entre 230 000ha et 590 000ha soit plus de 20 000ha par an. Le réseau agroforestier compte déjà sur une croissance de 1000 à 5000ha par an, ce qui montre l'importance du potentiel du développement [240].

Cependant, toutes les formes de plantation ne vont pas être propices à une bonne productivité en énergie. Les projets favorisant le taillis ou le bourrage de cépée avec du taillis vont être intéressants [241]  
Voir Section 4 du rapport « Prospective à horizon 2035 ».

## II – Usages et hiérarchisation

**Contenu énergétique** : PCI anhydre selon le type de bois [242]

Moyenne Feuillus durs : 5 083 kWh/t

Moyenne Feuillus tendres 4 856 kWh/t

(Moyenne résineux 5 293 kWh/t)

### Etat de l'usage par valorisation énergétique pour la production d'électricité et de chaleur

Le bois de bocage est historiquement utilisé dans les fermes sous forme de bois déchiqueté et dans la filière bois bûche [243].

Sa valorisation énergétique s'est développée dans les années 2000 pour alimenter des chaufferies de collectivités rurales, proches des agriculteurs et donc de la ressource [244]. Depuis le début des années 2010, avec le développement des chaufferies industrielles (BCIAT ou CRE) et la faible croissance du nombre de petites chaufferies collectives en milieu rural, plusieurs professionnels mobilisant du bois de bocage se sont tournés vers l'approvisionnement en bois humide de chaufferies industrielles [245].

Dans l'Ouest, cette pratique se développe (volumes mobilisés multipliés par 3 depuis 2009 en Bretagne) mais reste encore marginale (10% de la production régionale de bois énergie provient du bocage en Bretagne par exemple [246]) car les coûts de production demeurent assez élevés.

### Etat de l'usage par la valorisation en biocarburants

Pas d'expérience recensée

### Etat de l'usage par la valorisation en biomatériaux

- Selon l'enquête réalisée par SOLAGRO [2], le principal produit sortant du bocage est le bois énergie. Le bois d'œuvre représente moins de 5% des volumes exploités et qui plus est, ces volumes sont exploités sur les haies conduites en futaie.
- La valorisation du bois de bocage en bois d'œuvre est devenue une pratique anecdotique par rapport aux capacités que cette ressource représente. Certains professionnels du bois recherchent du bois de bocage pour certaines de ses particularités (par exemple certains nœuds marquant le bois comme les « pattes de chat » ou la loupe ...) mais cela reste ponctuel [247].
- Le bois de bocage est traditionnellement utilisé pour réaliser les piquets et poteaux de clôture, généralement à l'échelle de la ferme. C'est donc un usage ponctuel.

### Etat de l'usage en chimie

Pas d'expérience recensée

### Quels sont les usages les plus prometteurs ?

La valorisation énergétique est très prometteuse, à la fois sur le marché du bois bûche très important mais constant et sur le marché du bois déchiqueté en développement. Mais il ne faut pas négliger l'importance de l'utilisation en paillage et en litière ou de la valorisation agronomique par incorporation dans les sols (Bois raméal fragmenté (BRF) notamment dans le cadre du développement sur les exploitations des pratiques de conservations des sols qui nécessitent un maintien voire un accroissement (selon les régions) des niveaux de Carbone dans les sols.

### Impacts environnementaux

Les impacts environnementaux sont multiples et dépendent de l'intensité des prélèvements et le caractère équilibré des modes de gestion [248]

- **Qualité des sols**

Les haies réduisent l'érosion : notamment par un effet mécanique de blocage des particules lorsque la haie est implantée perpendiculairement à une pente par exemple [249].

L'implantation d'arbres dans les champs favorise les teneurs en matières organiques à proximité et dans les haies : En amont de la haie (lorsque la haie se trouve en bas d'une pente), le contenu en carbone organique du sol est relativement uniforme, de 15 g par kg de terre dans l'horizon A (horizon superficiel) et de 5 g par kg de terre en-dessous. Sous la haie, ce contenu est beaucoup plus important. Dans les 10 premiers centimètres, la quantité de carbone atteint une valeur

significative de 40 g par kg de terre. Elle diminue avec la profondeur, avec cependant, à partir de 30 cm, des valeurs deux à trois fois plus élevées sous la haie qu'en amont [249].

- **Eau**

L'enracinement des arbres limite les pertes de nutriments par ruissellement. Néanmoins, l'arbre modifie le bilan hydrique des parcelles. Selon les sols, l'implantation, une concurrence peut se mettre en place avec les cultures [248].

- **Biodiversité**

Le bocage fait partie intégrante des trames vertes : Ces réseaux d'infrastructures semi-naturels, jouent le rôle d'habitat, de refuge, de corridor pour de nombreuses espèces animales et végétales. Leur présence permet le maintien d'espèces qui autrement disparaîtraient des zones d'agriculture intensive [250].

Pression phytosanitaire : Les arbres contribuent à la diversité florale et faunique. La présence induite d'auxiliaires de culture favorise les pratiques de protection intégrée des cultures, mais nécessite aussi une gestion des ravageurs [248], [243].

- **Qualité de l'air**

Les arbres sont des obstacles aux transferts des gaz, poussières et molécules volatiles. Leur impact n'est pas encore quantifié [248].

- **Stockage carbone**

La haie stocke du carbone dans le sol et dans sa propre végétation. Le stockage de C dans la biomasse et les sols est estimé en moyenne à 1 tC/ha/an, soit 3,7 tCO<sub>2</sub> éq. /ha/an sur 20 ans pour une agroforesterie à faible densité et entre 0,55 et 0,92 tCO<sub>2</sub> éq./ha/an pour des haies [248].

### III – Analyse des freins et leviers à la mobilisation des ressources agricoles actuelles

#### **Analyse des freins à la mobilisation :**

*Il existe plusieurs freins au développement des surfaces boisées agricoles. Tout d'abord leur déploiement sur les fermes a toujours été menacé par l'évolution de la physionomie des exploitations. Mais la principale difficulté vient du manque de reconnaissance des avantages agronomiques et environnementaux et des surcoûts d'entretien. Enfin, la faiblesse des marchés potentiels sur l'énergie et les biomatériaux ne stimule les exploitants à mettre en place une offre à partir de ces ressources. Et quand ils y parviennent, la rentabilité est difficilement atteinte.*

#### **Freins structurels :**

- **Changement de la physionomie des fermes :** la diminution du nombre exploitants agricoles et l'agrandissement des exploitations risquent de nuire au maillage bocager : les futurs exploitants agricoles auront de moins en moins de temps à accorder à l'entretien des linéaires bocagers.

#### **Freins environnementaux :**

- Nombreuses questions des utilisateurs concernant la durabilité d'approvisionnement et de gestion de la ressource bocagère.

#### **Freins liés à l'information :**

- Problème de description des haies par les agriculteurs eux-mêmes induisant une difficulté dans l'estimation de la ressource ;
- Méconnaissance des techniques de gestion du bocage.

#### **Freins réglementaires**

- **Les effets indésirables de la PAC 2015 :** Malgré la définition d'une conditionnalité favorable au maintien de la haie, la PAC présente des incohérences qui peuvent fragiliser l'objectif initial voire inciter un exploitant à réduire l'emprise de ses haies [232] : définition de la haie très restrictive (largeur inférieure à 10m) par rapport à la définition IFN (largeur inférieure à 20m), non prise en

compte des haies bordant les prairies permanentes (nécessité que la haie borde une parcelle de terre arable) [251] ;

- **L'absence de considération du caractère sensible de la ressource bocagère** dans la définition des politiques de développement du bois énergie (AAP CRE, dispositif Fond Chaleur, AAP BCIAT, Plans bois énergie régionaux,) entraîne une consommation de cette ressource sans discernement de la part des consommateurs sur les modalités de récolte et de production du combustible. Ainsi des événements ponctuels de surexploitations à destination de chaufferies à l'initiatives de propriétaires et d'opérateurs isolés ont stigmatisé l'ensemble des acteurs de la filière mobilisant du bois de bocage et créé en 2015 sur l'ensemble de l'ouest de la France une véritable réticence des porteurs de projet à s'alimenter en bois d'origine bocagère croyant alimenter le phénomène de surexploitation [252] ;
- Droits de mobilisation de la ressource bocagère possiblement restreints selon la détention des droits de gestion, notamment si l'agriculteur n'est pas propriétaire des terres qu'il exploite.

#### **Freins économiques :**

- La ressource bocagère est par nature dispersée autour des parcelles et son coût de mobilisation est élevé si on veut mettre en place des pratiques de gestion durable (le surcoût d'un entretien manuel a été estimé à plus de 3euros/ml par rapport à un entretien non sélectif avec lamier ou épareuse [253] ;
- Comparé à la forêt, l'intégralité des coûts d'entretien et de production de bois sur le bocage sera supporté par le seul produit réellement valorisé qu'est le bois énergie. Sur une parcelle de forêt de production, le bois énergie peut souvent être un co-produit d'une opération de récolte de Bois d'oeuvre par exemple ;
- Concurrence des matériaux importés (ex : importation de bois provenant de l'Europe de l'est, soit par crainte des industriels de ne pas être suffisamment approvisionnés en France, soit pour des raisons de coût) ;
- Même si l'accès aux parcelles agricoles est la plupart du temps possible, la mécanisation de chantier est envisageable (avec des techniques sélectives comme les grappins coupeurs) à condition d'avoir des volumes de biomasse importants ce qui exclut les linéaires bocagers faiblement productifs. Les parcelles moins productives doivent être entretenues de façon manuelle afin d'améliorer les linéaires ce qui nécessite du temps pour l'exploitant agricole pour peu de recette en face. D'où l'intérêt d'une MAEC gestion pérenne [254] ;
- Forte dépendance aux aides à la plantation : la suppression des aides implique souvent une suppression des plantations

#### **Concurrence d'usage :**

- La concurrence d'usage pourrait apparaître : tout comme pour le paillage, le bois agricole broyé sert aussi en litière animale. Si cet usage est plus répandu dans les périodes de manque de paille, certains réseaux agricoles s'investissent pour développer la pratique. On recense plusieurs programmes d'innovation sur le sujet (CASDAR ARBELE, CASDAR FDCUMA Bourgogne...).

#### **Analyse des leviers à la mobilisation :**

*Il existe déjà des leviers pour favoriser le développement des surfaces boisées qui peuvent être renforcés (PAC, MAEC). Mais d'autres outils peuvent être mis en place pour favoriser l'utilisation de cette ressource (développement du marché des chaufferies en milieu rural, meilleure (re)connaissance de cette ressource).*

#### **Levier existants à renforcer :**

- **Articuler les politiques de plantation avec la valorisation des arbres :** par exemple le programme Breizh Bocage lancé en 2008 a mis en avant lors de son évaluation à mi-parcours la nécessité que les animateurs intègrent dans leurs prérogatives le conseil à la gestion et à la valorisation de la haie [238].
- **La PAC 2015 conditionne le paiement de l'aide** au respect de bonnes conditions agroenvironnementales (et notamment la BCAA7 qui demande le maintien des particularités topographiques dont les haies font parties). Elle favorise aussi la mise en place de surfaces



d'intérêt écologiques (SIE) qui ouvrent droit à une aide complémentaire (Paiement vert). Les haies font parties des éléments considérés comme des SIE [251].

- **Développer des techniques de récolte de bois de bocage permettant de garantir la pérennité de la haie et la production de biomasse** [255]. Ces techniques d'entretien peuvent être manuelles ou mécaniques à partir du moment où elles restent sélectives (contrairement au lamier et à l'épareuse). Elles doivent permettre d'optimiser les coûts d'entretien et de production. Une nouvelle MAEC (Mesure Agro-Environnementale et Climatique) favorisant l'entretien manuel du bocage a été validé en 2016. Elle rémunère les agriculteurs prenant soin d'entretenir de façon douce leur haie car cette pratique est plus couteuse en temps. Cette mesure peut représenter une aide d'environ 3 450€/par an, sur 5 ans, en partant d'une estimation de 5 km de linéaire de haie contractualisée sur l'exploitation [254].
- Le menu bois (MB) peut être valorisé en Bois Raméal Fragmenté (BRF) sur les parcelles cultivées. Certaines associations en font la promotion pour ses atouts au niveau agronomique (aggradation des sols) sans toutefois qu'on puisse chiffrer les volumes mobilisés.

#### Leviers à mettre en place :

- **Aider les collectivités qui passent des commandes de bois énergie pour leur chaufferie à favoriser l'achat de fournitures respectant une gestion durable** conciliant à la fois fonctionnalités écologiques de la haie et productivité en biomasse. Pour cela les fournisseurs doivent collectivement mettre en place des outils reconnaissant ces pratiques sur le marché : diffusion d'outils de gestion et de planification des travaux d'entretien du bocage, mise en place de labellisation ou certification pour guider l'acheteur. Le Plan de développement de l'agroforesterie, lancé en décembre 2015 par le Ministère de l'Agriculture, prévoit dans son axe 4.3 la mise en place d'outils de reconnaissance des pratiques de gestion durable [256]. Il est nécessaire que la demande en bois énergie s'oriente vers ces outils. Un groupe de travail sous la tutelle du Ministère regroupant l'Assemblée Permanente des Chambres d'Agriculture et les associations d'Agroforesterie travaillent actuellement sur la mise en place de ces outils [257].
- **Contractualisation à mettre en place** pour la production de biomasse à partir de bois de bocage. Le système de contractualisation doit cependant être différent de celui de la mobilisation de la biomasse forestière car l'assolement et la mobilisation sont différents, induisant des échelles de prix différentes.
- **Réflexion à mener concernant l'utilisation de la biomasse hors terres agricoles**, des terres forestières insuffisamment intensives ou sous-exploitées (ex : taillis), des espaces publics.
- **Rémunération des aménités positives du bocage** (fonction de stockage carbone du bocage, rôle pour la chasse, pour la qualité de l'eau). Par exemple, les chambres d'agriculture Pays de la Loire et Bretagne ont déposé un programme de Recherche nommé CARBOCAGE qui cherchera à caractériser la fonction de stockage carbone de la haie et à tester la mise en place d'un marché carbone autour de l'entretien du bocage [258]. **Ce programme a été déposé à l'APR REACTIF 2015 lancé par l'ADEME.**
- **Evolution des référentiels de définition des combustibles de l'ADEME** pour une meilleure prise en compte du bois de bocage dans les plans d'approvisionnement (aujourd'hui pas de différence entre bocage et déchets verts tous deux classés sous l'appellation Référentiel 2008-1B-PF [259]). **L'ADEME lance la révision de son référentiel combustible en juin 2016. Il semble donc possible d'étudier cette mise à jour rapidement.**
- **Développement de chaufferies de petite à moyenne puissance en milieu rural** (non desservi par le gaz de ville) à proximité de la ressource bocagère pour une meilleure valorisation économique de cette biomasse coûteuse à récolter. Via des subventions conditionnées à un approvisionnement au moins partiel en bois de bocage géré durablement.
- **Formation des agriculteurs à la reconnaissance et à la description des haies.** Problème de description des haies par les agriculteurs eux-mêmes induisant une difficulté dans l'estimation de la ressource

### 3.6. Cultures annuelles et intermédiaires dédiées

#### Cultures intermédiaires à vocation énergétique (CIVE)

On distingue deux types de CIVE suivant la période d'implantation :

Les CIVE d'automne sont généralement implantées avant une culture de printemps (ex : maïs, tournesol).

Les CIVE d'été sont généralement implantées après une culture de céréales

#### Cultures annuelles

Les cultures produisant du bioéthanol : cultures céréalières (blé, maïs,...), cultures sucrières (betterave, canne à sucre,...)

Les cultures produisant du biodiesel : oléagineux (colza, tournesol, palme, arachide...), protéagineux (soja...)

Les cultures valorisées en méthanisation : maïs ensilé, sorgho, betterave, pomme de terre, pois...)

#### CIVE

Ressource disponible : Environ 100 millions de tMS

Ressource potentiellement mobilisable : Environ 20 millions de tMS

Ressource mobilisée : entre 20 000 et 100 000 de tMS

#### Cultures annuelles

Ressource disponible : Environ 79 millions de tMS

Ressource mobilisée : < 4,9-7,7 millions de tMS

#### Type(s) d'utilisation :

- Electricité et chaleur
- Biocarburants 1G et 2G
- Matériaux biosourcés
- Chimie

#### Messages clés

##### CIVE

La ressource disponible en CIVE se concentre principalement dans les régions Poitou-Charentes, Bretagne, Pays de la Loire, Basse Normandie, Champagne-Ardenne et Centre. Elle est largement disponible mais très peu valorisée dans la production d'énergie et de produits biosourcés.

Les CIVE (et certaines cultures annuelles) sont valorisées en méthanisation afin de sécuriser l'approvisionnement du méthaniseur et du fait de leur fort potentiel méthanogène.

Les études d'estimations de la ressource en CIVE sont peu nombreuses et il n'y a pas d'étude nationale recensant la ressource en cultures énergétiques conventionnelles valorisées principalement en méthanisation.

De nombreuses études et projets sont en cours de réalisation afin de développer les connaissances en termes de choix de cultures et d'itinéraires techniques pour obtenir des rendements suffisants et garantir la rentabilité économique de la valorisation par méthanisation. Actuellement, les CIVE ont des coûts de production élevés et des rendements irréguliers d'une année à l'autre, qui peuvent être un frein à la sécurisation de l'approvisionnement des méthaniseurs.

Enfin, l'utilisation des cultures énergétiques conventionnelles fait débat car elle engendre des conséquences en matière de changement d'affectation des sols et une concurrence directe avec la production alimentaire et éventuellement des impacts environnementaux négatifs par un recours excessifs aux intrants (fertilisation, produits phytosanitaires).

##### Cultures annuelles

La ressource principale en cultures annuelles utilisées en méthanisation se situe en Bretagne, Basse Normandie Pays de la Loire pour les cultures de maïs ensilage et de sorgho ainsi que dans le Bassin Nord Parisien pour les betteraves fourragères et les pommes de terre.

La ressource en cultures annuelles dédiées à la production de biocarburants de première génération se situe principalement dans les régions Centre, Champagne-Ardenne, Picardie, Poitou-Charentes, Midi-Pyrénées et Nord Pas de Calais. Elle est disponible en quantité élevée et la production de biocarburants valorise déjà une quantité importante de la ressource.

Les études d'estimation de la ressource sont peu nombreuses. En règle générale, il y a peu d'informations disponibles sur les quantités de ressources initiales produites destinées à la production de biocarburants. La production de biocarburants fait intervenir de grands groupes industriels qui n'indiquent pas toujours la quantité de ressources utilisées, leur provenance et les besoins potentiels d'approvisionnement des industries. La valorisation en biocarburants dépend essentiellement des taux

d'incorporation des biocarburants établis au niveau national et européen. De nouvelles ressources en biomasse sont envisagées pour la production de biocarburants, telles que les résidus de cultures et les cultures lignocellulosiques (biocarburants de deuxième génération) ainsi que les algues (biocarburants de troisième génération).

La production de biocarburants de première génération engendre, également la production de coproduits (pulpes de betteraves, tourteaux,...) valorisés en alimentation animale principalement et permettant à la France de limiter les imports en protéines végétales. Les coproduits peuvent également être valorisés pour la production d'énergie : par combustion (chaudières alimentées avec des coques de tournesol), ou par méthanisation. De plus, la production de biocarburants permet d'extraire des molécules d'intérêt utilisables en chimie comme la glycérine produite lors de la trituration des huiles végétales lors de la production de biodiesel.

Comme pour les CIVE, la mobilisation et la valorisation des cultures annuelles pour la production d'énergie fait débat du fait de leur concurrence directe avec les systèmes alimentaires, et indirecte par rapport à l'occupation des sols. Ces cultures peuvent également avoir des impacts environnementaux importants : leur production nécessite d'avoir recours à des fertilisants de synthèse et des produits phytosanitaires et nécessitant des apports en eau conséquents, au même titre que les cultures alimentaires produites de manière intensive.

#### Informations économiques clefs :

- Coût de marché des matières premières en 2008/2009 [285] :

Blé : 135 €/t

Maïs : 136 €/t

Orge : 117 €/t

Tourteaux de soja 311 €/t

Tourteaux de tournesol 135 €/t

Tourteaux de colza : 173 €/t

- Coût de production du maïs et sorgho 150€/tMS

- Coût des équipements de valorisation **Invalid source specified.**

o **Méthanisation** : investissement entre 0.5 et 15 M€ soit 6 et 11 k€

#### Synthèse des usages par type de ressource, évalués selon :

- leur niveau de développement actuel (++, +, -, --)
- et leur potentiel de développement (**fort**, **moyen**, faible ou nul)

	Combustion	Méthanisation	Biocarburant 1G et 2G	Matériaux biosourcés	Produits chimiques biosourcés
<b>CIVE</b>	--	-	--	--	--
<b>Cultures annuelles récoltées en vert (maïs, sorgho)</b>	--	++	--	--	--
<b>Blé</b>	-	-	++	-	+
<b>Maïs</b>	-	-	++	-	+
<b>Betterave sucrière</b>	-	-	++	-	++
<b>Colza</b>	-	-	++	-	++
<b>Tournesol</b>	-	-	++	-	++

**Surfaces d'exploitation des cultures annuelles à des fins non alimentaire et rendement à l'hectare en ressource biomasse**

	Surface 2015 (milliers d'ha) [260]	Part de la SAU (%)	Rendement (T MB/ha) [260]
<b>Total cultures intermédiaires</b>	7 400	27%	
<b>CIVE d'automne (2011-2013)</b>	4 000 [148]	14%	3,5-6 (MS) [145]
<b>CIVE d'été (2011-2013)</b>	3 400 [148]	12%	6-7 (MS) [145]
<b>Total cultures annuelles dédiées</b>	2 253	8%	
<b>Maïs ensilé<sup>10</sup></b>	1 475 [261]	5%	12 [261]
<b>Autres fourrages annuels<sup>11</sup></b>	225 [261]	0.8%	
<b>Sorgho (2015)</b>	61 [262]	~0	52 [262]
<b>Blé</b>	78	~0	8,4
<b>Maïs</b>	0,01	~0	8,8
<b>Betterave</b>	51 [260]	~0	84 [260]
<b>Colza</b>	338	1,2	3,6
<b>Tournesol</b>	25	~0	2.0

D'après l'observatoire national des ressources en biomasse (ONRB) [1], les différentes cultures annuelles à destination alimentaires et non alimentaires sont présentes en large quantité dans les régions suivantes :

- Pour les céréales : Centre, Champagne Ardennes, Picardie
- Pour les oléagineux : Midi-Pyrénées, Poitou-Charentes, Centre
- Pour les betteraves : Picardie, Champagne Ardennes, Nord Pas de Calais
- Pour le maïs ensilage : la Bretagne, la Base Normandie et le Pays de la Loire [263]
- Pour les betteraves fourragères et les pommes de terre : Picardie, Nord Pas de Calais [263]

Les régions qui concentrent les plus importants gisements de cultures intermédiaires à vocation énergétique sont les régions : Poitou-Charentes, Bretagne, Pays de la Loire, Basse Normandie, Champagne-Ardenne et Centre. [145]

<sup>10</sup> Tout usage

<sup>11</sup> Tout usage : trèfle, ray-grass, céréales fourragères (sorgho, blé, seigle), vesce-avoine, etc.

<b>Ressource disponible</b>			
<b>Volume Total Produit (milliers de t MS/an)</b>	<b>Agreste 2015 [262]</b>	<b>Agreste 2015 [261]</b>	<b>[148]</b>
<b>Volume total cultures intermédiaires</b>			23 826
<b>CIVE d'automne</b>			9 966 <sup>12</sup>
<b>CIVE d'été</b>			13 860 <sup>13</sup>
<b>Volume total cultures annuelles dédiées</b>			
<b>Mais fourrage et ensilage</b>		17 259	
<b>Autres fourrages annuels<sup>14</sup></b>		777	
<b>Blé<sup>15</sup></b>	36 309		
<b>Mais<sup>16</sup></b>	11 677		
<b>Betterave<sup>17</sup></b>	25 125 [264]		
<b>Colza<sup>18</sup></b>	4 829		
<b>Tournesol<sup>19</sup></b>	1 079		

#### **Analyse critique des méthodes d'estimation de cette ressource**

- Une seule étude estimant la ressource nationale en CIVE a été identifiée, l'étude ADEME (2013), « Estimation des gisements potentiels de substrats utilisables en méthanisation », menée par Solagro. Une étude estimant la ressource disponible à l'échelle régionale n'a pas été identifiée.
- Les estimations de surface disponible pour le CIVE ne prennent pas en compte les surfaces actuellement sans couvert et celles déjà dédiées aux cultures intermédiaires pièges à nitrates (CIPAN) ou aux cultures dérobées valorisées en alimentation animale.
- Hypothétiquement, la totalité de la surface dédiée à la production de blé, maïs, colza, betterave, et tournesol pourrait être utilisée pour la production de biocarburants et la méthanisation. Les ressources réellement disponibles et mobilisables, tout en assurant l'alimentation humaine, ne sont pas spécifiquement évaluées. Dans les statistiques agricoles, l'Agreste présente les productions annuelles récoltées des différentes cultures de céréales, d'oléo-protéagineux et de betteraves. Cependant il s'agit de la quantité de graines récoltée et non pas spécifiquement de la ressource utilisée dans la production de biocarburants de première génération.
- Les études nationales estimant la ressource utilisée pour la production de biocarburant sont peu nombreuses et n'estiment pas explicitement la ressource disponible. D'après les experts, les entreprises valorisant ces cultures communiquent peu sur leurs besoins, ce qui implique un manque d'estimation de cette ressource.

#### **Détail des méthodes d'estimation de la ressource disponible**

##### **CIVE**

- ADEME, gisement pour la méthanisation, 2013 [148]  
Ressource disponible = quantité produite = surface x rendement par hectare.

<sup>12</sup> 45 300 kt MB à 22% de matière sèche

<sup>13</sup> 63 000 kt MB à 22% de matière sèche

<sup>14</sup> trèfle, ray-grass, céréales fourragères (sorgho, blé, seigle), vesce-avoine, etc.

<sup>15</sup> 42 716 kt MB à 15% d'humidité

<sup>16</sup> 13 738 kt MB à 15% d'humidité

<sup>17</sup> 33 500 kt MB à 25% d'humidité (taux d'humidité : [www.labetterave.com](http://www.labetterave.com))

<sup>18</sup> 5 307 kt MB à 9% d'humidité

<sup>19</sup> 1 186 kt MB à 9% d'humidité

S'il est théoriquement possible d'implanter un couvert avant une culture d'hiver, l'interculture est trop courte pour produire une quantité de biomasse qu'il soit intéressant de récolter. Les données relatives aux surfaces sont issues du recensement agricole 2010. Surfaces considérées :

- CIVE d'automne : 4 millions ha
- CIVE d'été : 3,4 millions ha

Hypothèse pour les CIVE d'automne : (1) Les intercultures courtes, implantées avant les cultures d'hiver, ne sont pas considérées car elles ne produisent qu'une faible quantité de biomasse. (2) La surface potentielle d'implantation des CIVE d'automne est considérée comme similaire à la surface allouée aux cultures de printemps.

Hypothèse pour les CIVE d'été : la surface considérée est égale à la surface de la culture précédente (céréales) après déduction des pratiques incompatibles avec l'implantation de CIVE d'été, par exemple après une monoculture de maïs grain (récolte tardive)

Le rendement des CIVE varie de 0,2 tMS/ha/mois à 1 tMS/ha/mois « poussants » (durant lesquels il y a croissance végétative) selon les régions avec une moyenne de 6-8 t MS/ha (source : Arvalis). Deux hypothèses sont posées concernant le nombre de mois « poussants » : 90% des surfaces de CIVE correspondent à une récolte avant l'hiver et 10% correspondent à une récolte du couvert lors de l'implantation de la culture suivante (induisant deux mois poussants supplémentaires).

- Agreste, 2016, Surfaces, productions, rendements de cultures fourragères, résultats 2014 définitifs et 2015 semi-définitifs

Quantité produite = surface x rendement par hectare

Rendement maïs fourrage et ensilage : 11,7 t/ha.

Rendement autres fourrages annuels : données non disponibles.

### **Cultures annuelles**

- Agreste [262] [264]  
Ressource disponible = Surface x Rendement

### **Ressource possiblement mobilisable**

Pour les cultures intermédiaires, la biomasse possiblement mobilisable est la suivante :

<b>Ressource possiblement mobilisable (milliers de tMS/an)</b>	<b>[148]</b>
<b>Volume Total</b>	4 378
<b>CIVE d'automne</b>	2 992 <sup>20</sup>
<b>CIVE d'été</b>	1 386 <sup>21</sup>

Pour les cultures annuelles, la ressource possiblement mobilisable est égale à la ressource disponible, ces productions étant spécifiquement mises en place pour des usages non alimentaires.

### **Analyse critique des méthodes d'estimation de cette ressource**

- Les études d'estimations de la ressource mobilisable en CIVE et en cultures énergétiques conventionnelles sont peu développées.
- Concernant les CIVE, l'étude ADEME (2013), « Estimation des gisements potentiels de substrats utilisables en méthanisation » [148] tient compte non seulement des concurrences d'usages, mais aussi d'un taux de mobilisation hypothétique compte tenu des contraintes techniques et économiques.

<sup>20</sup> 13 600 kt MB produits, récoltés à 22% de matière sèche

<sup>21</sup> 6 300 kt MB produits, récoltés à 22% de matière sèche

- L'étude précédemment citée considère par ailleurs que le maintien de l'état organique des sols est maintenu avec la matière laissée au sol après la récolte et l'épandage du digestat. Cependant, des études complémentaires devraient être réalisées pour s'assurer que la valorisation par méthanisation n'entraîne pas un appauvrissement en matière organique dans le sol sur le long terme.

#### **Méthode d'estimation de la ressource possiblement mobilisable**

- ADEME, gisement pour la méthanisation, 2013 [148]

Ressource possiblement mobilisable = ressource disponible x taux de mobilisation

Le taux de mobilisation des CIVE d'automne est estimé à 30% et celui des CIV d'été à 10%. La méthode d'estimation de ce chiffre n'est pas détaillée. Elle tient compte des contraintes en termes de :

- Surcoûts liés aux semences, aux semis plus denses, aux éventuels engrais, à la récolte, à l'ensilage,
- Temps de travail supplémentaire,
- Contraintes physiques liées à l'inaccessibilité des terres aux périodes de récolte,
- Contraintes ponctuelles (année trop peu productive pour justifier une récolte)
- Concurrence pour d'autres usages (notamment : alimentation animale)

Pour les CIVE d'été, les contraintes liées à l'accessibilité des terres lors de la récolte sont réduites car le sol est portant en été.

- Estimation régionale

Energivie.info [204]

En Alsace, Energivie.info met à disposition des porteurs de projets une fiche technique recensant les ressources agricoles mobilisables. La ressource mobilisable en CIVE est estimée à 260 000 tMB sur la région. Elle est déterminée en considérant un taux de mobilisation de 30% du fait d'un taux de collecte de 30% (récolte). En dehors de ces informations, la méthode de calcul n'est pas détaillée.

Solagro, Développement de la méthanisation en Ile de France, 2013 [177] :

La méthodologie utilisée est similaire à celle utilisée pour l'étude nationale réalisée pour l'ADEME en 2013. La ressource potentiellement mobilisable via la conversion de CIPAN en CIVE est estimée à 1,250 millions de tMS/an (Source RA 2010). La surface considérée n'est pas précisée (correspondant probablement à la surface actuelle de CIPAN). Le rendement en CIVE est considéré sans utilisation de fertilisants. Les rendements sont estimés à :

- 90% des cas : 2 t MS/ha (2 mois poussants)
- 10% des cas : 4 t MS/ha (4 mois poussants)

#### **Ressource réellement mobilisée**

CIVE : en 2013, les CIVE et les cultures énergétiques représentaient respectivement 8% et 3% du tonnage total de substrat utilisé en méthanisation à la ferme. En unités de méthanisation centralisées, les CIVE et les cultures énergétiques représentaient respectivement 2% et 3% du tonnage total de substrat utilisé. La quantité de substrats entrant est équivalente pour les deux types d'unités, soit environ 1 millions de tonnes.

Quelques études régionales de la ressource mobilisée en CIVE, cependant, elle n'est pas toujours quantifiée. La littérature fait également référence à quelques projets d'approvisionnements en CIVE dans des unités de méthanisation.

Pour les autres cultures annuelles, la ressource réellement mobilisée est la suivante :

Volume matières premières utilisées pour la production de biocarburants	ONRB 2015 [10] (milliers de tMS/an)	Agreste 2016 [260] (2015, milliers de tMS/an)	Projets recensés (milliers de tMS/an)
<b>Volume total</b>	7 745	4 938	
<b>Blé</b>	1018 <sup>22</sup>	560 <sup>23</sup>	
<b>Maïs</b>	436 <sup>24</sup>	0,09 <sup>25</sup>	
<b>Betterave</b>	3 441 <sup>26</sup>	3 180 <sup>27</sup>	
<b>Colza</b>	2 526 <sup>28</sup>	1 156 <sup>29</sup>	582 <sup>30</sup>
<b>Tournesol</b>	323 <sup>31</sup>	42 <sup>32</sup>	

#### **Analyse critique des méthodes d'estimation de la mobilisation réelle**

- Les cultures annuelles réellement mobilisée correspondent à la ressource qui n'est pas utilisée pour les usages alimentaires (alimentation humaine et animale).
- L'étude ONRB 2015 [10] estime la ressource utilisée pour la production de biocarburants de première génération. Elle n'évalue pas les taux de valorisation pour d'autres usages (alimentaire, chimie, matériaux biosourcés...) que pour la production de biocarburants. L'étude Agreste évalue la production récoltée à des fins énergétiques.
- La méthodologie utilisée pour estimer régionalement ou nationalement la ressource en cultures destinées à la production de biocarburants de première génération diffère de celle des autres types de biomasse. Les ressources disponibles et mobilisables ne sont pas évaluées. La ressource mobilisée est obtenue à partir de la production de biocarburants, les quantités importées ne sont pas précisées.

#### **Méthode d'estimation de la mobilisation réelle**

- Etude ONRB 2015 [10] :  
Ressource mobilisée = volume de production de biocarburants x rendement de production de biocarburant par cultures  
Sources de données pour les volumes de production de biocarburants (bioéthanol et biodiesel) : FO Licht's. Les données ont été ensuite consolidées par le comité de pilotage de la veille de compétitivité internationale des biocarburants. Ces données prennent en compte les cultures importées.
- Agreste 2016 :  
Ressource mobilisée = Surface x rendement. Les informations concernant l'estimation des surfaces et des rendements ne sont pas disponibles.

Estimations régionales :

- En 2008, la région du Languedoc Roussillon produisait des biocarburants à partir de 1584 t d'huile de colza et 1794 t d'huile de tournesol. [265]

<sup>22</sup> 1 198 kt MB à 15% d'humidité

<sup>23</sup> 659 kt MB à 15% d'humidité

<sup>24</sup> 513 kt MB à 15% d'humidité

<sup>25</sup> 0.1 kt MB à 15% d'humidité

<sup>26</sup> 4 588 kt MB à 25% d'humidité (taux d'humidité : [www.labetterave.com](http://www.labetterave.com))

<sup>27</sup> 4 240 kt MB à 25% d'humidité (taux d'humidité : [www.labetterave.com](http://www.labetterave.com))

<sup>28</sup> 2 776 kt MB à 9% d'humidité

<sup>29</sup> 1 270 kt MB à 9% d'humidité

<sup>30</sup> 640 kt MB à 9% d'humidité

<sup>31</sup> 355 kt MB à 9% d'humidité

<sup>32</sup> 46 kt MB à 9% d'humidité



- L'étude Solagro [177] relative à la méthanisation en Ile de France estime que la quantité de ressource mobilisée en 2012 correspond à 1% de la ressource disponible soit 12 500 tMS/an. Ce taux de ressource mobilisée de 1% est en partie défini en prenant en compte les critères tels que les contraintes de collecte ou les concurrences entre filières (retour au sol, alimentation).

## II – Usages et hiérarchisation

### Valorisation énergétique (électricité et chaleur)

La valorisation non agronomique et non alimentaire **des cultures intermédiaires**, correspond à la méthanisation. Le potentiel de développement des CIVE est principalement envisagé pour la méthanisation notamment pour assurer les approvisionnements des méthaniseurs et atteindre le seuil de rentabilité nécessaire aux installations.

Les **cultures annuelles récoltées en vert** (maïs, sorgho) jouent également un rôle dans l'approvisionnement des méthaniseurs du fait de leur rendement élevé et de leur bon potentiel méthanogène par rapport à d'autres types de biomasse agricole (effluents d'élevage). [263]

Le principal type de valorisation énergétique **des cultures annuelles conventionnelles** (blé, maïs, colza, tournesol, betterave,...) est aujourd'hui la production de biocarburants. Dans une moindre mesure, ces cultures peuvent également être méthanisées afin de sécuriser l'approvisionnement des méthaniseurs.

Les co/sous-produits issus de la production de biocarburants de première génération peuvent être utilisés comme combustibles (son de blé, coques de tournesol), en méthanisation (pulpes de betteraves,...) ou encore dans la production de produits biosourcés (dérivés de la glycérine).

### Contenu énergétique

	Pouvoir méthanogène (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t MO) [145]
<b>Maïs</b>	225-422
<b>Maïs ensilage</b>	289-330
<b>Sorgho fourrager</b>	295
<b>Sorgho grain</b>	372
<b>Blé</b>	245-384
<b>Seigle</b>	275-350
<b>Avoine diploïde</b>	360
<b>Tournesol</b>	300
<b>Trèfle</b>	269-370
<b>Ray grass</b>	390

### Méthanisation

- Les espèces de CIVE, valorisées en méthanisation, sont sélectionnées suivant leur capacité de produire une importante quantité de biomasse sur une période courte et suivant leur potentiel méthanogène. [145]
- L'étude Solagro relatif à la méthanisation en Ile de France a recensé plusieurs projets de méthanisation utilisant des CIVE [177]

En Seine et Marne, une unité de méthanisation « à la ferme », appartenant à la société Létang Biogaz valorise 10 000t de maïs CIVE. Le maïs est cultivé juste après l'orge d'hiver, sur trois mois avec un objectif de rendement de 25 à 30 t/ha. La ressource récoltée est stockée sous forme d'ensilage qui alimente le méthaniseur de manière continue de l'ordre de 30t/jour. La chaleur produite permet d'alimenter l'hôpital et la piscine municipale de la ville, ainsi que d'assurer les besoins en chaleur de l'exploitation agricole. Le projet a nécessité un investissement de 3,5 Millions d'euros, le chiffre d'affaire annuel prévisionnel est estimé à 1 Millions d'euros. [266]

### **Biocarburants**

- La filière biodiésel représente une production annuelle de plus de 2,9 millions de tonnes de biodiésel-EMHV (esters méthyliques d'huiles végétales) et la filière bioéthanol une production de plus de 1,4 millions de tonnes de bioéthanol par an.
- En France, 85% de la consommation de biocarburants correspond à du biodiésel issus de cultures oléagineuses et 15% à du bioéthanol issus de cultures sucrière de betterave et de canne et de certaines cultures céréalières. [267]
- En France, la filière de production de biokérosène pour le transport aérien se développe en partie autour de deux voies industrielles valorisant les cultures annuelles conventionnelles. Ces deux techniques, actuellement au stade pilote, sont l'hydrotraitement des huiles végétales et la conversion catalytique des sucres. [268]
- Exemples d'unités de production de biocarburants :
  - En Bourgogne, une bioraffinerie triture 40 000 tonnes de colza produisant 15 000 tonnes d'huile et 24 000 tonnes de tourteaux valorisés en alimentation pour le bétail de la région. [217]
  - Le groupe Avril a investi 13 millions d'euros pour une unité d'estérification à Sète, dans l'Hérault. Cette unité valorisera 600 000 tonnes de graines de colza et produira 280 000 tonnes de biodiesel ainsi que 340 000 tonnes de tourteaux de colza. [269]

### **Production de matériaux biosourcés**

- Les cultures énergétiques peuvent être valorisées en différents matériaux dans le secteur de la construction : [17]
  - Le colza et le tournesol peuvent être utilisés pour la formation de bétons et d'isolants thermiques ;
  - Les pulpes de betteraves peuvent être utilisées pour la fabrication de ciments et panneaux de fibres ;
  - Les coques de tournesol peuvent être valorisées comme agent porosant des briques.
- La glycérine produite lors de la transestérification des huiles végétales lors de la production de biodiesel peut être valorisée dans la production de matériaux biosourcés divers notamment des matériaux composites (pales d'éoliennes,...), des mousses de polyérythane présentes dans les matelas, les matériaux d'isolation et d'étanchéité. [270] En 2012, plus de 2000 utilisations de la glycérine étaient déjà recensées dans la production de produits biosourcés. [271]

### **Etat de l'usage en chimie**

- Concernant les cultures oléagineuses, la transestérification permet d'obtenir du diester (biodiesel) et de la glycérine utilisée essentiellement dans le secteur de la chimie (pharmacie, cosmétique). [271]

Le groupe Saipol, filiale d'Avril, est le leader en production de glycérine. Il produit 350 000 tonnes de glycérine végétale à partir de la transformation des huiles végétales de colza principalement. A Sète, l'entreprise Saipol du groupe Avril produira 28 000 tonnes de glycérine végétale au sein de la nouvelle unité de production. Elles pourront être valorisées, en cosmétologie, produits de nettoyage, encres et peintures... [269]
- La **pulpe de betterave** est utilisée pour la production de peinture, de cosmétiques, de produits alimentaires et pharmaceutiques et intervient dans d'autres secteurs nécessitant des épaississants. Les pectinases de la betterave peuvent servir de support de fermentation. [210]
- Le projet PIVERT (Picardie Innovations Végétales, Enseignements et Recherches Technologiques) est un projet de transformation de la biomasse oléagineuse (colza, tournesol,...) en produits chimiques renouvelables dans les secteurs d'applications suivants : l'alimentation, la santé, la cosmétique, etc. Le projet réunit 150 chercheurs, ingénieurs et enseignants, il a pour objectif de développer une filière française compétitive dans le secteur de la chimie du végétal, de limiter l'utilisation de matières premières d'origine fossile, et permettre la ré-industrialisation des territoires en Picardie dans une logique de développement durable au travers des bioraffineries. [190]

### **Impacts environnementaux**

- L'utilisation des cultures énergétiques conventionnelles fait débat car elle entraîne des impacts environnementaux négatifs (importante demande en eau, utilisation accrue de fertilisants,...), au même titre qu'une culture alimentaire produite intensivement, des enjeux liés à l'affectation des sols et une concurrence directe avec la production alimentaire.

### **CIVE**

- Les cultures de betterave fourragères et de pomme de terre sont de bonnes têtes de rotation, nettoyant le sol en entraînant la rupture de certains cycles parasites, réduisant ainsi les besoins en produits phytosanitaires pour les cultures suivantes. [263] Le maïs ensilé requiert d'importants apports en eau et en produits phytosanitaires et fertilisants. [263] Le sorgho nécessite peu d'apport d'eau lors de sa production mais des apports en produits phytosanitaires important
- Les CIVE permettent de piéger les nitrates dans le sol et d'éviter le lessivage de l'azote qui pourrait détériorer la qualité de l'eau. [148] Elles induisent une réduction des traitements phytosanitaires en limitant le développement d'adventices et le nombre de ravageurs des cultures. [145]. Les CIVE d'automne limitent l'érosion du sol en couvrant celui-ci pendant l'hiver. [145]

Différents projets mis en place ont permis de comparer les impacts environnementaux d'espèces de CIVE variées.

- Dans le cadre du projet Optabium, mené par Agro-Transfert en Picardie, des ACV ont été réalisées sur l'approvisionnement en biomasse de l'avoine, du seigle et du ray grass italien. Les critères évalués sont le stockage du carbone dans le sol et les émissions de phosphore, d'azote et de pesticides. L'étude a montré que, parmi les trois cultures, le seigle stocke le plus de carbone dans le sol et le ray grass a globalement le plus faible impact environnemental (acidification, eutrophisation, écotoxicité, demande en énergie,...). [272]
- Le projet CIVE, mené en 2012 par l'ADEME, avait pour objectif d'étudier différentes cultures utilisées en CIVE d'été selon des critères agronomiques et environnementaux. L'impact environnemental de ces cultures a été mesuré en attribuant une note pour chaque indicateur évalué (demande en énergie et en produits phytosanitaires, aptitude à piéger l'azote, structuration du sol, couverture du sol). Les notes les plus basses, correspondant aux cultures ayant un avantage agronomique et environnemental faible voir nul, ont été attribuées aux cultures ayant les plus importants rendements en biomasse (moha, maïs, sorgho). Les mélanges, contenant des céréales et des protéagineux (avoine, millet, ray grass, vesce, trèfle, etc.), ont les notes environnementales les plus élevées. [145]

### **Cultures annuelles et biocarburants de première génération**

De nombreuses analyses environnementales ont été réalisées afin de mettre en évidence les impacts liés à la production de biocarburants. Les principaux résultats sont les suivants :

- Lorsque les effets liés aux changements d'affectation des sols ne sont pas pris en compte, les biocarburants produits en France ont des bilans énergétiques et d'émissions de gaz à effet de serre moins importants que ceux des carburants d'origine fossile (gazole et essence) [273] :
  - Les filières ayant les meilleurs bilans correspondent aux biodiesels issus d'huiles alimentaires usagées et de graisses animales. Leur réduction de la consommation d'énergie non renouvelable est de 80% tandis que la réduction d'émissions de GES est de 90%.
  - Les filières de biocarburants aux bilans corrects, dont la réduction de la consommation d'énergie non renouvelable est comprise entre 49 et 85% et dont celle des émissions de GES est comprise entre 47 et 77%. Il s'agit des biocarburants suivants : les bioéthanol de blé, maïs, betterave, canne à sucre, les ETBE de canne à sucre, les biodiesels de colza, de tournesol, de palme, de soja, huile végétale pure (colza).
  - Les filières de biocarburants aux bilans les plus mitigés : il s'agit de bioéthanol : les ETBE (éthyl tertio butyl éther) de blé, maïs et betterave. La réduction de consommation d'énergie non renouvelable est inférieure à 25% et la réduction d'émissions de GES est inférieure à 50%, comparées aux carburants d'origine fossile.

Toutefois, en prenant en compte les changements d'affectation des sols, le bilan de gaz à effet de serre peut s'avérer être négatif. En effet, l'augmentation des surfaces allouées aux cultures annuelles dédiées à la production de biocarburants de première génération peut entraîner la disparition de prairies, de zones humides ou de forêts primaires.

En ce qui concerne les autres impacts sur l'environnement, les impacts des biocarburants sur le **potentiel d'eutrophisation** sont dix fois plus élevés que les carburants fossiles.

L'**oxydation photochimique** des esters de biodiesel ont des niveaux équivalents aux carburants fossiles tandis que les bioéthanol présentent des gains plus ou moins favorables suivant les modélisations utilisées. Le **potentiel de toxicité** des biodiesels est bon, les réductions de la toxicité lors de l'étape relative à l'utilisation des véhicules compensent la toxicité liée à l'utilisation des produits phytosanitaires. Les bioéthanol ont un bilan moins favorable.

- En France, en 2009, 2 millions de tonnes d'huiles sont utilisées pour la production de biodiesel et 0,9 million de tonnes en équivalent huile sont estimées être importées. En revanche, pour le bioéthanol incorporé dans l'essence ou en ETBE (éthyl tertio butyl éther), la majorité est issue de matières premières françaises [274].
- Les impacts liés à l'évolution des surfaces des cultures de colza, tournesol, blé et betterave produites à des fins alimentaires et non alimentaires sur celles destinées aux usages non agricoles (urbain, forestier, naturel) sont faibles. En revanche, les impacts sont principalement liés à l'augmentation des surfaces de ces cultures au détriment d'autres surfaces agricoles (reprise des terres mises en jachère, reprise des prairies). Le retournement des prairies engendré par le développement de ces cultures entraînent des impacts négatifs en termes d'émissions de GES, de perte de biodiversité et de pollution des eaux [275]. Les superficies de colza ont fortement augmentées au détriment des cultures protéagineuses en partie du fait de la suppression des aides communautaires liées à ces cultures. En excluant les changements d'affectations des sols parmi les grandes cultures, le changement est de 100 000 ha dont 90% de cette surface sont pris sur les jachères [274].
- La valorisation des résidus permet aux industriels de réduire leur bilan énergétique et leur bilan de gaz à effet de serre. Par exemple, le projet de construction de la chaudière biomasse entrepris par le groupe Saipol, entrainera la valorisation des coques de tournesol de l'unité de production de biodiesel et permettra de réduire de 90% les émissions de gaz à effet de serre et 75% les besoins en énergie de l'unité de production. [269]
- Les biocarburants se sont développés autour de la mise en place de **critères de durabilité** comme l'indiquent les points suivants :
  - En 2011, la certification française des biocarburants mise en place dans le cadre du schéma volontaire **2BSVS** (Biomass Biofuels Sustainability Voluntary Scheme) prend en compte des critères de durabilité liés aux chaînes de production de l'ensemble des matières premières dans toutes les régions : de la production de matières premières au distributeur [274]
  - En collaboration avec des coopératives et des fournisseurs agriculteurs, Tereos promeut les pratiques d'agriculture raisonnée afin de préserver les ressources naturelles. Depuis deux ans, le groupe a mis en place la plateforme **Sustainable Agriculture Initiative** concernant la production durable de betterave sucrière. [276]
- Le projet de recherche PIVERT a pour but de mettre en place de nouveaux systèmes de cultures oléagineuses respectueuses de l'environnement [277]

### III – Analyse des freins et leviers à la mobilisation des ressources agricoles actuelles

#### Les principaux freins à la mobilisation

*Les freins à la mobilisation de la ressource en cultures annuelles sont principalement liés à la compétition d'usage des cultures céréalières, oléo-protéagineuses et sucrières pour l'alimentation, la production d'énergie et de matériaux et la chimie. On peut également citer leurs impacts environnementaux (utilisation de fertilisants, pression sur l'eau pour le maïs), ainsi que la pression exercée sur l'affectation des sols.*

*Les freins caractéristiques de la mobilisation des CIVE correspondent aux coûts de production élevés et à l'éventuel appauvrissement en matière organique dans le sol.*

*Concernant la production de biocarburants, d'autres ressources sont envisagées afin de limiter la mobilisation de ces cultures. Les ressources en sous-produits alimentaires et agricoles sont donc aujourd'hui prioritaires (huiles alimentaires, graisses animales et résidus de cultures). D'autre part, la valorisation en biocarburants de première génération nécessite des besoins élevés en produits*

phytosanitaires et en eau pour la production de ces cultures et a, dans certains cas, un bilan d'émissions de gaz à effet de serre supérieur à celui de l'utilisation d'énergies fossiles. Ces différents facteurs nuisent à l'utilisation des cultures annuelles dans le secteur des biocarburants.

## CIVE :

### Freins agronomiques :

- L'utilisation des CIVE nécessite un **point d'attention afin d'éviter un appauvrissement du sol en matière organique par rapport à d'autres cultures intermédiaires (ex : CIPAN) qui sont laissées au sol**. Dans le cas du remplacement de CIPAN par les CIVE, l'étude du RMT Biomasse, « Cultures dérobées à valorisation énergétique » [278], le retour au sol de la biomasse n'est pas pris en compte. Cependant, d'après l'étude ADEME (gisement pour la méthanisation) [145], les variétés de CIVE utilisées sont sélectionnées pour produire une biomasse importante, les chaumes et les racines laissés au sol suite à la récolte et l'épandage du digestat permettraient de compenser la une partie de la MO exportée pour la méthanisation.

### Freins techniques

- **Des contraintes liées au développement de la plante et ses besoins en eau** : la gestion de l'eau est importante afin de garantir de bons rendements en biomasse des CIVE d'été et du maïs en particulier. Il est conseillé de pailler les cultures pour maintenir les réserves en eau. [145]
- L'implantation de CIVE peut parfois entraîner la nécessité de modifier l'ensemble des assolements du système d'exploitation. [145]
- **Des filières d'approvisionnement difficiles à mettre en place pour les CIVE** : l'instabilité des rendements des CIVE liés aux conditions pédoclimatiques rendent difficile les plans d'approvisionnement. [278],
- **Une connaissance du potentiel des CIVE encore peu développée** : le projet CIVE démontre que les couverts végétaux ont de forts potentiels méthanogènes. Néanmoins, la plupart des potentiels recensés sont les potentiels d'espèces seules alors que l'implantation de mélanges est de plus en plus pratiquée. [145]

### Freins économiques

- **Des coûts de production des CIVE élevés**  
Le projet CIBIUM mené par Arvalis, Cetiom, Solagro et Atee a mis en évidence que les CIVE ont des coûts de production élevés (Téreas, 2015). Pour réduire ces coûts, il faut augmenter la productivité des CIVE et optimiser l'utilisation des intrants notamment avec la valorisation du digestat produit lors de la méthanisation.  
Le projet CIVE a montré que les cultures ayant des impacts environnementaux positifs, tels que les trèfles et le ray grass sont les cultures ayant des coûts de production les plus importants [145].
- **Des rendements parfois insuffisants pour assurer la rentabilité de la valorisation**  
D'après le projet CIVE, les faibles rendements des CIVE d'été mélangées ne permettent pas de rentabiliser les projets de cogénération. [145]  
De manière générale, la méthanisation nécessite des rendements de 5 TMS/ha pour être rentable. [271] [277]

### Freins politiques

- Des **démarches administratives contraignantes** à la mise en place de projets de méthanisation. En France, la moyenne de mise en place d'un projet de méthanisation est de 4 ans dont deux ans et demi pour acquérir les autorisations administratives nécessaires tandis qu'en Allemagne et en Italie, les autorisations sont respectivement attribuées au bout de six mois et huit mois [267].

## Cultures annuelles :

### Freins agronomiques :

- La plupart des cultures céréalières requièrent d'importants apports en eau et en produits phytosanitaires. [263] ;
- Le colza est une plante qui nécessite également des apports conséquents en pesticides. [263].

### Freins environnementaux

- Les cultures annuelles récoltées en vert, à destination de la méthanisation, peuvent être à l'origine d'impacts environnementaux importants. Le maïs notamment demande un apport d'eau et de nutriments élevé [263]. Cela peut engendrer une pollution des eaux conséquentes, accentuée par la faible sensibilité du maïs à l'excès de fertilisation. Il rentre également en concurrence avec les systèmes alimentaires, participant à la pression exercée sur l'affectation des sols.

### Freins techniques

- **Des projets difficiles à mettre en place** : l'approvisionnement des unités de production de biocarburants nécessite des volumes conséquents. De ce fait, les projets locaux sont difficiles à mettre en place [164].

### Freins économiques

- **L'émergence des biocarburants de deuxième et troisième génération** :
  - L'émergence des filières de valorisation de déchets et résidus tels que l'huile de friture, les graisses animales, l'huile de poisson, peut perturber les filières de production de biodiesel. [60] ;
  - Le développement des biocarburants de deuxième et troisième génération, valorisant respectivement les résidus de cultures et les cultures ligneuses et lignocellulosiques, d'une part, et les algues, d'autre part, peuvent également limiter la production de biocarburants de première génération. Ces filières sont encore au stade de R&D, cependant les unités pilotes produisant des biocarburants de deuxième génération seront prochainement fonctionnelles (BioTFuel) [179] ;
  - En 2014, le groupe Avril avait été contraint de fermer deux unités de production et une unité de trituration, suite à la restructuration de la filière qui a permis d'adapter la production au besoin du marché et de réduire la production de biocarburant à partir de cultures annuelles conventionnelles. [60].
- **La filière de production de biocarburants accentue l'instabilité des prix des matières agricoles** : des analyses et modèles ont montré que la cause des hausses des prix des matières céréales pendant la période 2005-2007 était multifactorielle mais que le rôle de la montée en puissance des biocarburants de première génération explique entre 30 % à 40 % de la hausse des prix des matières agricoles ;
- La fluctuation des prix des matières premières n'est pas favorable à l'atteinte des seuils de rentabilité des projets pilotes régionaux. [265].

### Freins politiques

- **Le décret de la loi sur la transition énergétique limite à 15% les cultures annuelles énergétiques cultivées à titre de culture principale et utilisables pour l'approvisionnement des méthaniseurs.** [274] ;
- Voir CIVE : les **démarches administratives** à la mise en place de projets de méthanisation sont contraignantes [267] ;
- **Une filière dont le développement est plafonnée** : malgré les objectifs fixés pour l'horizon 2020 d'atteindre 10% d'énergies renouvelables dans le secteur des transports, le développement de la production des filières de biocarburants de première génération est limité afin de réduire les risques de concurrence avec les systèmes alimentaires. En 2012, il a été décidé de limiter le taux d'incorporation des biocarburants de première génération à son taux actuel de 7% [267].

### Compétition d'usages

- La principale compétition d'usages concernant les cultures annuelles est l'alimentation humaine et animale.

## Les principaux leviers à la mobilisation

Concernant les CIVE, les principaux leviers sont liés aux atouts agronomiques et environnementaux qu'apportent l'implantation d'une culture intermédiaire de ce type dans une rotation (couverture du sol, structuration du sol, pièges à nitrates). De plus, le développement d'outils d'aide à la décision pour la production mais également pour la mise en place de projet de méthanisation permet la capitalisation de connaissances sur les CIVE. Les soutiens politiques liés à la méthanisation favorisent également la mobilisation de la ressource en CIVE.

Les CIVE et les cultures annuelles peuvent également être stockées sous forme d'ensilage pour le maïs et le sorgho permettant d'approvisionner le méthaniseur de manière continue avec un potentiel méthanogène élevé.

Les leviers principaux des cultures annuelles énergétiques sont liés à leur rendement élevé et aux soutiens des politiques publiques sur les biocarburants (réduction de la fiscalité et incorporation obligatoire des biocarburants, taxe sur les activités polluantes). Le développement des filières de valorisation à haute valeur ajoutée dans le secteur de la chimie entraîne une potentielle augmentation de la mobilisation de la ressource et la mise en place de nouveaux projets d'approvisionnements.

### CIVE :

#### Leviers agronomiques

- Les CIVE jouent un rôle dans la structuration du sol. Elles permettent également de réduire le développement d'adventices et le nombre de ravageurs [145] ;
- Les CIVE apportent de la matière organique au sol lorsqu'elles sont implantées sur un sol habituellement non couvert pendant l'interculture. Les racines et les chaume laissés au sol et non récoltés assurent cette restitution. [145] ;
- La valorisation par méthanisation permet d'envisager un épandage du digestat pouvant être utilisé comme fertilisant. [263] ;
- Les cultures betteravières et de pomme de terre sont cultivées en partie pour leur caractère de bons précédents culturaux car elles apportent de la matière organique au sol via les résidus non récoltés (fânes). [145], [263] ;
- Les cultures de betterave industrielle sont de bonnes têtes de rotation, nettoyant le sol en entraînant la rupture de certains cycles parasitaires, réduisant ainsi les besoins en produits phytosanitaires pour les cultures suivantes. [263].

#### Leviers techniques

- Les CIVE d'automne représentent une ressource davantage mobilisable, comparée aux CIVE d'été, car leur période d'interculture est plus longue donc les quantités de biomasse récoltées ;
- **Développement de l'accompagnement des agriculteurs sur la production des CIVE :**
  - La grande diversité des cultures intermédiaires permet de choisir la culture la mieux adaptée aux conditions pédoclimatiques et aux successions culturales de chaque exploitation. [279, 278] ;
  - Depuis 2008, les chambres d'agricultures de l'Aisne et de la Somme mènent des projets sur les CIVE et proposent des outils techniques pour aider les agriculteurs à choisir l'espèce de CIVE la plus adaptée. Ils s'intéressent également au développement de doubles cultures de type méteil (triticale + pois fourrager) et sorgho et de type maïs + blé sur ces plateformes expérimentales [280]
- **Développement de l'accompagnement sur la mise en place de projet de méthanisation :**
  - Des outils tels que les logiciels Gaz de Ferme et Méthasim se développent et permettent d'évaluer la faisabilité des projets de méthanisation ;
  - Le logiciel « Gaz de Ferme » permet une première évaluation technico-économique simplifiée du projet de méthanisation. Méthasim permet de réaliser un bilan énergétique prévisionnel, ainsi que de fournir des éléments technico-économiques sur le projet étudié. [278] ;
  - Dans le cas des CIVE, plusieurs acteurs agricoles, dont le GR CETA, accompagne les agriculteurs dans la production de CIVE d'été pour la production d'énergie. [177].

- Une étude visant à optimiser la mobilisation des CIVE pour la méthanisation (OptiCIVE), lancé par l'ADEME est actuellement en cours.

#### Leviers économiques

##### **Des leviers directs**

- **Des marges brutes positives pour la valorisation en méthanisation** : dans le cas de mise en place de projet de méthanisation en injection (production de chaleur), le projet CIVE a mis en évidence que les couverts ont tous une marge brute positive. Dans le cas de la cogénération (production de chaleur et d'électricité), les espèces dégageant le plus de marge brute sont le maïs et le sorgho fourrager. [263]

##### **Et des leviers indirects**

- La valorisation par méthanisation engendre une diminution du recours aux engrais minéraux lorsque le digestat est épandu sur les cultures, ce qui permet de réaliser des économies sur l'utilisation des intrants minéraux [202] ;
- Des aides d'investissement sont mis à disposition des porteurs de projets de méthanisation pour soutenir la filière biogaz à travers : des aides territoriales octroyés par l'ADEME et les collectivités ainsi que des tarifs d'achat du biométhane injecté compris entre 6,4 et 9,5 centimes d'euros / kWh selon la taille de l'installation. Ces aides représentent entre 20 et 30% de l'investissement total [202].

#### Leviers politiques

- La directive Nitrate impose une couverture obligatoire des sols en zones vulnérables en hiver, ce qui permet d'envisager l'utilisation des CIVE comme couvert en remplacement d'autres types de cultures de couverts (CIPAN, cultures dérobées valorisées en alimentation animale). [145] [204]
- Le décret relatif à l'article 112 de la loi sur la transition énergétique et la croissance verte limite à 15% la proportion de cultures alimentaires ou énergétiques, cultivées à titre de culture principale et utilisables pour l'approvisionnement des méthaniseurs. Ce décret ne limite pas l'usage des CIVE pour la méthanisation. [281]
- Le plan Énergie Méthanisation Autonomie Azote (EMAA) présenté en mars 2013 a pour objectif de mettre en place 1000 méthaniseurs à l'horizon 2020 et de développer la méthanisation agricole collective de taille intermédiaire, ce qui représente un complément de revenus pour les exploitations agricoles [201].

#### **Cultures annuelles :**

##### Leviers agronomiques

- Le colza valorise efficacement l'azote minéral, freine le développement des adventices et perturbe le cycle de développement de certaines maladies céréalières, réduisant également les besoins en produits phytosanitaires. [282] Son cycle de production est généralement long, ce qui entraîne une couverture du sol pendant l'hiver et limite l'érosion de celui-ci. [263] ;
- Le tournesol est une culture peu demandeuse en eau et en azote. [263]

##### Leviers techniques

- Les cultures énergétiques telles que le sorgho et le maïs ont des rendements en biomasse importants ce qui permet, in fine, d'obtenir des bilans énergétique et économique intéressants pour une valorisation en méthanisation. [263] ;
- **Des cultures au potentiel méthanogène élevé** : le projet CIVE [263] et l'étude ADEME [145] sur la codigestion des cultures énergétiques ont évalué les potentiels méthanogènes de différentes cultures. Les cultures ayant le plus fort pouvoir méthanogène sont le maïs ensilé, le sorgho et le moha. Globalement les potentiels méthanogènes des cultures végétales sont supérieurs à ceux d'autres types de biomasse (effluents d'élevage, déchets verts...) [263] ;
- **Un approvisionnement continu des méthaniseurs** : le maïs peut être stocké sous forme d'ensilage ce qui permet de sécuriser les approvisionnements des méthaniseurs tout au long de l'année. [283] ;
- **Voir CIVE : l'accompagnement sur la mise en place de projet de méthanisation se développe** ;



- **Le secteur de la chimie du végétal nécessite des volumes d'approvisionnement plus faibles comparés à ceux nécessaires pour la production de biocarburants**, ce qui permet un développement plus aisé de projets régionaux, voire de projets d'échelle plus locale [164] ;
- **Les connaissances, les savoir-faire techniques et les installations déjà établis dans le secteur des biocarburants de 1G servent de socle au développement de nouveaux débouchés** dans le secteur de la chimie végétale et des biocarburants avancés. [267] ;
- **De nouvelles applications émergentes : le biokérosène dans le secteur de l'aéronautique** : l'utilisation de biokérosène est considérée comme l'une des alternatives potentielles pour réduire les émissions de gaz à effet de serre du secteur et les techniques industrielles utilisant les produits issus de la transformation des cultures annuelles conventionnelles (huiles végétales et sucres) se développent. [268].

#### Leviers économiques

##### **Des leviers directs**

- **Une filière biocarburants créatrice d'emplois** : En 15 ans, les filières biodiesel et bioéthanol ont créées, du champ au dépôt pétrolier, 16 000 emplois pour la filière biodiesel, dont 12 000 emplois directs, et 4 000 emplois indirects (valorisation des coproduits,...) et 6 000 emplois pour la filière bioéthanol, dont 4 500 emplois directs et 1 500 emplois indirects. [284]

##### **Et des leviers indirects**

- La valorisation par méthanisation engendre une diminution du recours aux engrais minéraux lorsque le digestat est épandu sur les cultures ;
- Des aides d'investissement sont mis à disposition des porteurs de projets de méthanisation pour soutenir la filière biogaz à travers ;
- La production de biocarburants entraîne la **production de co-produits (drèches et tourteaux) qui peuvent être valorisés en alimentation animale** car ils représentent des sources énergétiques et protéiques de choix. Ces coproduits peuvent partiellement se substituer aux tourteaux de soja réduisant ainsi les importations [285] et favorisant l'autosuffisance en protéines animales de la France. [267].

#### Leviers politiques

- voir CIVE : le plan Énergie Méthanisation Autonomie Azote (EMAA) présenté en mars 2013 a pour objectif de mettre en place 1000 méthaniseurs à l'horizon 2020 [201] ;
- La Taxe Générale sur les Activités Polluantes (TGAP) incite à l'incorporation de biocarburants au-dessus du seuil d'incorporation fixé chaque année par l'Etat [10]. En 2014, le taux d'incorporation des biocarburants dans l'essence s'élevait à 7% et dans le gazole à 7,7%. [60] ;
- La Taxe Intérieure de Consommation sur les Produits Energétiques (TICPE) vise à réduire la consommation d'énergies fossiles. Les producteurs de biocarburants bénéficient d'une exonération fiscale partielle afin de compenser le surcoût de fabrication des biocarburants par rapport aux carburants d'origine fossile.

### **3.7. Surface en herbe**

#### **Surfaces en herbe : prairies permanentes, temporaires, surfaces en herbe de bords de route**

*L'herbe de bords de route représente l'herbe des accotements, des talus, d'aires d'autoroute, ...*

Ressources totales :

Ressource disponible : 61 millions de t MS

Ressource potentiellement mobilisable : min  
7 200 kt MS

Ressource mobilisée : Quelques centaines de  
tonnes de MS

**Type(s) d'utilisation :**

- Electricité et chaleur
- Biocarburants 1G et 2G
- Matériaux biosourcés
- Chimie

### Messages clés :

La ressource en surface en herbe se concentre principalement en Auvergne, Bourgogne, Rhône Alpes, Lorraine, Basse Normandie, Limousin, Bretagne et en Midi-Pyrénées. Elle est disponible en large quantité mais peu valorisée dans la production d'énergie et de matériaux biosourcés.

Il y a peu d'études analysant la ressource disponible en herbe. De plus, ces études n'estiment pas la ressource déjà valorisée par d'autres usages (alimentation animale).

Actuellement, la valorisation de l'herbe est assez limitée. Elle est en partie laissée en pâturage pour le bétail, dans le cas des prairies, ou fauchée et laissée au sol dans le cas de l'herbe de bords de route.

La mobilisation et la valorisation de l'herbe pour l'énergie et la production de produits biosourcés entraînent des enjeux d'appauvrissement du sol en matière organique et de compétitions d'usages avec l'alimentation animale. Les débouchés de valorisation pour ces secteurs sont, aujourd'hui, limités.

De plus, le faible rendement en matière sèche de l'herbe et les contraintes de production liées aux coupes successives et à la dispersion de la ressource représentent également des enjeux pour la structuration et la rentabilité des filières.

Cependant, de nouvelles technologies émergentes permettent de développer le potentiel de valorisation de l'herbe, notamment en améliorant le rendement énergétique des produits à base d'herbe et en limitant les impacts négatifs lors de la combustion.

### Données économiques :

- Coût logistique :
  - o Fauche et récolte de l'herbe de bords de route 35 à 60€/t [329]
  - o Matériel de récolte : investissement entre 160 et 280 k€ [236]
- Coût de marché : prix agropellets entre 100 et 150€/t [328]
- Coûts de valorisation [212] :
  - o Méthanisation : investissement entre 0,5 et 15 M€, entre 6 et 11 k€ par kWél installé
  - o Combustion : Chaudières : 500 à 900 €/kW pour installations > 1,5 MW (1.100 à 1.300 € sinon) auxquels il convient d'ajouter 300 à 500 €/kW si réseau de chaleur

### Synthèse des usages par type de ressource, évalués selon :

- leur niveau de développement actuel (++, +, -, --)
- et leur potentiel de développement (**fort**, **moyen**, faible ou nul)

	Combustion	Méthanisation	Biocarburants de 1G et 2G	Matériaux biosourcés	Produits chimiques biosourcés
Prairie temporaire	-	-	--	--	--
Prairie permanente	-	-	--	--	--
Herbe en bords de route	-	-	--	--	--

## I – Caractéristiques techniques et économiques de la ressource

### Surfaces d'exploitation des cultures annuelles et rendement à l'hectare en ressource biomasse

	Surface (Milliers d'ha) en 2015	Part de la SAU (%)	Rendement (TMS/ha)
<b>Prairie temporaire en climat favorable</b>	12 500 <sup>33</sup> [261]	45	10-14 [286]
<b>Prairie temporaire en climat moins favorable</b>			4-6 [286]
<b>Herbe en bords de route</b>	912 [287]	3	8 [145]

Les rendements dépendent des conditions climatiques et de l'âge des prairies pour les prairies temporaires : le rendement moyen est de 5,4 t MS/ha pour une prairie de moins de trois ans, 10 t MS/ha pour une prairie de 3 ans et 6,5 t MS pour une prairie de plus de 3 ans. Les prairies permanentes ont un rendement moyen de 5,3 t MS/ha.

D'après les statistiques agricoles de l'Agreste [288], les différents types de surfaces en herbe sont présents en large quantité dans les régions suivantes :

- Pour les surfaces toujours en herbe : Bourgogne, Auvergne, Rhône Alpes, Lorraine, Basse Normandie, Limousin
- Pour les prairies temporaires : Bretagne, Midi-Pyrénées, Pays de la Loire, Auvergne, Poitou Charentes, Limousin, Rhône Alpes.

### Ressource disponible

Volume Total Produit (millions de tMS/an)	Agreste 2015 [261]	[145]
<b>Volume total</b>	59 <sup>34</sup>	1,8 <sup>35</sup>
<b>Prairies artificielles</b>	1,9	
<b>Prairies temporaires</b>	22	
<b>Surfaces toujours en herbe</b>	35	
<b>Herbe de bords de route</b>		1,8

#### Analyse critique des méthodes d'estimation de cette ressource

- Il y a peu d'estimations de la ressource en prairies et en herbe de bords de route dans un but de valorisation énergétique ou en produits biosourcés ;
- Les études indiquées utilisent la même méthodologie à savoir la multiplication de la surface par les rendements.

#### Détail des méthodes d'estimation de la ressource disponible

<sup>33</sup> Surfaces récoltées

<sup>34</sup> 76 millions de tMS en 2014

<sup>35</sup> 9 million de tMB, à 80% d'humidité

- Agreste, Statistiques Agricoles, 2016 [261]  
Ressource disponible = quantité produite = surface x rendement par hectare  
En 2015 :  
Prairies artificielles : superficie 228 000, rendement de 8,3 tMS/ha  
Prairies temporaires : superficie 3 070 000 rendement de 7,2 tMS/ha  
Surfaces toujours en herbe : superficie 9 260 000 rendement de 3,8 tMS/ha
- ADEME gisement pour la méthanisation, 2013 [145] :  
Ressource disponible = quantité produite = surface x rendement par hectare  
Herbe de bords de route : superficie : 912 000 ha, rendement 10tMB/ha, soit 2 tMS/ha en considérant un taux d'humidité de 80%.

### Ressource possiblement mobilisable et réellement mobilisée

Potentiellement, la totalité de l'herbe de bord de route pourrait être valorisées.

La ressource mobilisable concernant les prairies n'est pas connue.

#### Analyse critique des méthodes d'estimation du potentiel de mobilisation

- Aucune étude n'estime les ressources mobilisables ou mobilisées des surfaces en herbe ;
- L'étude sur les gisements pour la méthanisation ADEME [4] donne une idée de la ressource disponible sans présenter les différents autres usages permettant d'estimer la ressource mobilisable (retour au sol, alimentation animale).

### Potentiel de développement du gisement

D'après le scénario AFTERRRES de Solagro [167], en 2030, le biogaz produit à partir des prairies représentera 5TWh et 28 TWh en 2050, en considérant que les systèmes d'élevage bovin nécessiteront de nouvelles productions basées sur l'herbe. Le scénario prévoit d'utiliser 10 millions tMS d'herbe de prairies pour la production de biogaz, ce qui équivaut à 20% de la production d'herbe de prairies.

Voir Section 4 du rapport « Prospective à horizon 2035 ».

## II – Usages et hiérarchisation

### Valorisation énergétique (électricité et chaleur)

La valorisation énergétique représente le principal potentiel de développement actuel. Cette valorisation est cependant encore limitée en France. Le développement de techniques innovantes alliant production de combustibles et méthanisation pourrait permettre la mise en place de nouveaux débouchés.

#### Contenu énergétique

	Pouvoir Calorifique Inférieur (MWh/t)	Pouvoir méthanogène (m3 CH4/t MB) [289]
Herbe de prairies et issues de l'entretien des bords de routes	4,20	175

#### Combustion

- L'herbe riche en fibres peut être valorisée en combustion : une récolte tardive de l'herbe ainsi qu'une prairie âgée représentent des ressources potentielles d'herbe riche en fibres idéales pour la combustion. [286] ;
- De nouvelles technologies se développent pour densifier la matière notamment la torréfaction qui produit des granulés hydrophobes pouvant être stockés à l'air libre sans risque de fermentation. Elle permet d'obtenir une meilleure densité énergétique. [290]

#### Méthanisation

- A l'heure actuelle, la principale valorisation est la méthanisation à la ferme [291]. Cependant elle représente des tonnages marginaux en France. [286] ;
- La ressource en herbe de bords de route n'est actuellement pas valorisée mais fait l'objet d'essais expérimentaux de récolte et de valorisation. [145] ;
- Le projet Combine, réalisé de 2013 à 2015, avait pour objectif d'étudier la valorisation de l'herbe issue de l'entretien des bords de route et des espaces semi-naturels dans quatre régions européennes dont la Bretagne, en France. Ce projet a permis de tester une technologie innovante, la technique IFBB (Integrated generator of solid Fuel and Biogas from Biomass). L'herbe est infusée dans de l'eau chaude pour éliminer les composants gênants lors de la combustion ainsi que certaines molécules solubles. Elle est ensuite pressée. Parallèlement, le liquide obtenu est utilisé dans le digesteur pour produire du biogaz permettant de sécher la pulpe issue de la presse. In fine, la technique IFBB permet d'obtenir un digestat liquide riche en fertilisants et un combustible solide, conditionné en granulés ou briquettes.

Dans le cadre du programme COMBINE, la coupe réalisée en juin 2013 a permis de valoriser plus de 650 m3 de produits dans 5 unités de méthanisation réparties à proximité des voies vertes. [292].

### **Production de matériaux biosourcés**

En France, la valorisation des surfaces en herbe est limitée dans le secteur des matériaux biosourcés.

- Les techniques de raffinage, ou de cracking, pourraient permettre d'extraire la paroi du matériau qui pourrait être réutilisée pour la production de matériaux biosourcés de types composites. [286]
- **Les roseaux sauvages peuvent être valorisés en panneaux isolants, en papier, et divers objets biodégradables** (vaisselle). Cependant, actuellement, la matière première est majoritairement importée de pays étrangers (Sénégal). [290] Les roselières de Camargue sont en partie exploitées, sur 5000 ha de roselières, 2000 ha sont coupés produisant un million de bottes de roseaux par an. Ces bottes sont valorisées dans la confection des toitures utilisées dans différentes régions de France. [293]

### **Etat de l'usage en chimie**

En France, il n'y a pas de valorisation de l'herbe dans le secteur de la chimie.

- Les potentiels de développement reposent sur les techniques de bioraffineries permettant d'extraire des molécules d'intérêt. Dans le cas des légumineuses des prairies, les protéines pourraient être extraites. La luzerne pourrait être utilisée pour en extraire du calcium. [286] ;
- Différentes applications existent en Europe. En Italie, le chardon est utilisé dans le secteur de la plasturgie. [294] En Autriche, une bioraffinerie pilote a été développée en 2008 pour produire des produits chimiques à valeur ajoutée à partir des acides aminés et acides lactiques extraits de l'herbe. Ces molécules entreraient dans la composition d'acidifiants, de solvants, de produits de désinfection, de plastiques biodégradables de produits des industries pharmaceutiques et cosmétiques. [295].

### **Impacts environnementaux**

Les principaux impacts environnementaux sont positifs. Ils sont liés au développement de la biodiversité, à l'amélioration de la qualité de l'eau, à la réduction des émissions de GES lors de la combustion comparée aux utilisations d'énergies fossiles. Cependant, il existe quelques impacts négatifs liés à un possible appauvrissement des sols en matière organique lorsque la ressource est mobilisée. Les valorisations de l'herbe en combustion et en méthanisation peuvent également impacter l'environnement, notamment dans le cas de la combustion avec les dégagements de fumées nocives.

#### **Impacts environnementaux positifs**

- L'herbe permet de limiter la prolifération des adventices et des ravageurs des cultures. C'est une culture qui peut être intéressante au sein d'une rotation car elle **réduit les besoins en produits phytosanitaires** [286] ;
- La gestion de l'herbe de bords de route et des prairies permet de **favoriser la biodiversité** et de réinsérer des espèces rares [296] [286] [290] ;
- **Les surfaces en herbe ont un impact positif sur la qualité de l'eau.** L'herbe permet de **réduire la pollution de l'eau** en nitrates en contribuant à la diminution de l'azote dans l'eau de ruissellement [296] ;

- En bordure des milieux aquatiques, l'exportation des résidus du broyage d'entretien éviterait la décomposition de la matière organique qui peut engendrer une eutrophisation des cours d'eau ; [290]
  - **Un bilan énergétique intéressant favorable aux économies d'énergie :**
    - Les différentes expériences de méthanisation, recensées dans le projet COMBINE, ont montré que l'énergie produite correspond au double de l'énergie utilisée pour la produire : Pour 1kWh utilisé, 2kWh sont récupérés. [296] ;
    - La torréfaction permet d'obtenir des granulés destinés à la combustion. Ces granulés peuvent réduire de 60% les émissions de gaz, lors de la combustion, et de 50% les émissions de GES. [5]
  - Dans le cadre du projet européen Green pellet, des ACV comparatives entre différents agro-combustibles permettent d'évaluer les impacts environnementaux entre la combustion de résidus de landes, de granulés mixtes miscanthus/bois, de granulés de bois, de plaquettes forestières, et d'énergies fossiles (fioul domestique, gaz naturel [297] ;
- En termes d'énergie, les filières renouvelables ont besoin de 4 fois moins d'énergies non renouvelables pour produire la même quantité d'énergie (1MWh) que les filières utilisant les ressources fossiles. [297]
- Les filières de valorisation des agro-combustibles ont un potentiel de réchauffement climatique environ 10 fois moins élevé que les filières de référence fossiles (ex-fioul ou gaz naturel). [297]

#### **Impacts environnementaux négatifs**

- L'exportation de l'herbe peut entraîner un appauvrissement du sol en matière organique [296] ;
- Concernant la méthanisation, il faut privilégier l'herbe de printemps ou de début d'été pour garantir une quantité importante de composants carbonés et une faible quantité de lignine favorable à la méthanisation. [298] Elle implique donc une fauche précoce de l'herbe qui pourra survenir en période de reproduction de la faune et perturber celle-ci. [290] ;
- Les ACV des agro-combustibles, réalisées dans le cadre du projet Green pellet, ont montré que :
  - L'impact de la lande sur les émissions de GES est plus élevé que celui du miscanthus (37kg de CO<sub>2</sub> contre 22 kg de CO<sub>2</sub>) du fait de leur rendement plus faible (5t/ha), de leur PCI plus faible et des zones de récolte caillouteuses et difficiles d'accès qui requièrent des machines consommant davantage de carburant [297] ;
  - Les potentiels d'eutrophisation et d'acidification des agro-combustibles sont beaucoup plus élevés que ceux des filières de valorisation des énergies fossiles. Ceci est dû en majeure partie aux dégagements de NO<sub>x</sub> et SO<sub>x</sub> lors de la combustion. [297]

## **II – Analyse des freins et leviers à la mobilisation des ressources agricoles actuelles**

### **Les principaux freins à la mobilisation**

*L'herbe des prairies et des bords de route est une ressource peu exploitée car sa gestion est assez limitée (laissée en pâturage pour l'herbe des prairies, fauchée et laissée au sol pour l'herbe des bords de route). Les caractéristiques liées à la production de l'herbe (faible rendement en matière sèche, nécessité de plusieurs coupes) entraînent des difficultés dans la mise en place de filières de valorisation. Les compétitions d'usages principalement avec l'alimentation animale et le risque d'appauvrissement du sol en matière organique engendré par la mobilisation de l'herbe peuvent également limiter l'implantation de filières de valorisation pour l'énergie ou la production de produits biosourcés.*

#### **Frein sociologique**

- Il existe des régions où les prairies ne sont pas valorisées en alimentation animale, la ressource est disponible mais peu exploitée. La valorisation pourrait constituer une source de revenus supplémentaires pour l'exploitant. [286]

#### **Frein agronomique**

##### **• Appauvrissement du sol en matière organique**

Les prairies fournissent d'importantes quantités de matière organique au sol par le renouvellement de l'appareil racinaire à chaque coupe. Si cette ressource est exportée après la coupe pour d'autres usages, le sol risque de s'appauvrir en matière organique [191].

### **Freins techniques à la mobilisation**

- L'herbe est une plante gorgée d'eau ayant un faible taux de matière sèche. Ceci implique des rendements inférieurs par rapport à d'autres types de cultures [286] ;
- Environ 10 000 ha de prairies sont en zone peu accessible et non mécanisable [261] ;
- **Des filières difficiles à mettre en place**
  - L'approvisionnement en herbe pour alimenter une filière peut être complexe car la ressource est disparate, et les volumes récoltés à chaque coupe sont faibles [286] ;
  - La production d'herbe peut être moins intéressante pour l'exploitant que la production d'une autre culture. En effet, pour avoir le même tonnage de matière sèche, il faut réaliser 3 à 4 coupes, ce qui entraîne une forte charge de travail pour l'exploitant et nécessite des conditions climatiques favorables à chaque coupe [286] ;
  - Les débouchés sont actuellement limités. [286]

### **Freins techniques à la valorisation**

- **Présence d'indésirables dans les méthaniseurs**
  - Dans le cas de la méthanisation, l'herbe fauchée en bords de route contient des restes d'emballages et des canettes risquant d'endommager le méthaniseur. L'exploitant doit extraire manuellement ces déchets. [296]
  - L'herbe fauchée contient également de la terre et des cailloux qui risquent de se déposer au fond du digesteur et le combler progressivement. Le digesteur doit alors être vidé tous les 10 ans, ce qui nécessite des opérations de maintenance coûteuses. [298]
  - De façon anecdotique, le digestat peut être contaminé par des restes d'animaux tués lors de la coupe et se retrouvant dans le méthaniseur. Ceci peut engendrer des risques sanitaires lorsque le digestat et les bactéries qu'il contient sont épandus sur les cultures et se retrouve dans l'alimentation humaine et animale. [290]
- **La méthanisation requiert des caractéristiques spécifiques vis à vis de la ressource** : il ne faut pas que les brins soient trop longs, ni trop matures car leur digestion serait plus longue et ils risqueraient de former une croûte à la surface du digesteur, limitant les échanges gazeux au sein du digesteur [298] ;
- La combustion de l'herbe **nécessite des équipements spécifiques sur les chaudières** pour remédier à la production de cendres à l'origine du mâchefer. [290]

### **Freins économiques**

- **Usage limité dans le secteur des matériaux biosourcés**
  - La fibre de l'herbe présente une plus faible résistance par rapport à d'autres fibres végétales, ce qui pourrait limiter le développement du secteur de production de matériaux biosourcés de types panneaux et laine isolants. [286]
- Lors de la mise en place de nouvelles prairies, les semences sauvages et locales peuvent avoir un coût important par rapport à d'autres semences. Cependant, il faut éviter de choisir des espèces non typiques de la région ou améliorées car elles pourraient entraîner une pollution génétique et la prolifération de plantes invasives. [290]

### **Compétition d'usages suivant les zones géographiques**

- En région d'élevage, l'herbe est principalement valorisée en **alimentation pour les ruminants** [286] ;
- Dans des zones déficientes en paille, ou en période de carence en paille, le foin d'herbe pourra être valorisé en fourrage ou en paillis horticole plutôt qu'en énergie. [290]

### **Les principaux leviers à la mobilisation**

*La ressource en herbe est abondante, elle présente de nombreuses qualités agronomiques et environnementales. Les nouvelles technologies émergentes permettent d'améliorer le rendement et la qualité des produits (granulés ayant un meilleur rendement énergétique et limitant la production de*

cendres). Concernant l'herbe des prairies, l'approvisionnement continu, lié aux coupes successives, peut faciliter l'établissement de filières de valorisation locales. L'herbe de bords de route est généralement laissée au sol. Les collectivités pourraient générer des revenus supplémentaires en la valorisant et réaliser des économies sur les frais d'entretien.

#### **Levier réglementaire**

- L'obligation de désherber les prairies peut intervenir en faveur d'une mobilisation de la ressource. En Bretagne, par exemple, les prairies de chardons doivent obligatoirement être coupées pour éviter la propagation des graines. [286]

#### **Levier agronomique**

- L'herbe présente des qualités agronomiques non négligeables dans une rotation, elle **réduit la prolifération des adventices et des ravageurs** [286].

#### **Leviers techniques**

- Approvisionnement continu du printemps à l'automne  
Les différentes coupes de l'herbe, effectuées en règle générale, permettraient d'approvisionner une filière de valorisation de manière continue d'avril à octobre [286] ;
- Le développement de nouvelles techniques de carbonisation et de torréfaction permet d'améliorer les caractéristiques des granulés pour limiter la production de cendres, lors de la combustion ;
- La torréfaction produit des granulés hydrophobes pouvant être stockés à l'air libre sans risque de fermentation. Elle permet également d'obtenir une meilleure densité énergétique [290] ;
- La technique IFBB, utilisant le foin de fauche tardive, pour produire à la fois des pellets pour la combustion et de l'électricité via la méthanisation, multiplie jusqu'à trois fois le rendement énergétique d'une prairie par rapport au rendement lors d'une utilisation standard par méthanisation. [292]

#### **Levier économique**

- Les politiques incitatives liées à la valorisation par méthanisation  
Le plan Énergie Méthanisation Autonomie Azote (EMAA) soutient le développement de la méthanisation collective de taille intermédiaire. Il a pour objectif de favoriser la mise en place 1000 méthaniseurs à l'horizon 2020. De plus, les aides à l'investissement (collectivités, conseils généraux, ADEME, fonds FEDER et FEADER, Ministère de l'Agriculture) permettent de subvenir entre 20 et 30% des coûts d'investissement [202]. Par ailleurs, le tarif de rachat de l'électricité issue de méthanisation est compris entre 11,19 c€/kWh et 13,38 c€/kWh selon la puissance de l'unité. A cela, s'ajoute jusqu'à 4 c€/kWh de prime d'efficacité, ce qui permet d'atteindre un rachat compris entre 15,19 c€/kWh et 17,38 c€/kWh contre 14,4 c€/kWh pour le tarif EDF [212].
- La mobilisation de l'herbe de bords de route permet d'entretenir les bas-côtés et possiblement de réduire le nombre de passages pour l'entretien chaque année. [296] Selon les Ateliers Techniques des Espaces Naturels, la fauche des bords de route engendrerait des économies de 200€/an/km sur l'entretien. [145]

### **3.8. Lin et chanvre**

#### **Lin et chanvre**

Les produits considérés sont :

- pour le lin fibre : les graines et les produits de la paille (fibres courtes et longues, anas, poussières)
- pour le lin oléagineux : les graines et les produits de la paille (fibres, anas, poussières)



- pour le chanvre : les produits de la paille (fibres, chènevottes, poussières)

Ressources totales :

Ressource disponible : Entre 377 000 et 562 000 tonnes de MS

Ressource mobilisée : Entre 138 000 et 150 000 tonnes de MS

**Type(s) d'utilisation :**

- Electricité et chaleur
- Biocarburants 1G et 2G
- Matériaux biosourcés
- Chimie

**Messages clés :**

Les cultures de lin et de chanvre représentent 1% de la surface cultivée en France, elles se concentrent principalement dans le Nord de la France. La France a une place stratégique dans la production de ces cultures puisqu'elle est le deuxième pays mondial producteur de chanvre et le leader européen de production de lin. Les ressources en lin et chanvre sont disponibles en quantité moyenne mais sont entièrement valorisées, principalement en matériaux biosourcés.

Les études d'estimations de la ressource nationale sont peu diversifiées. La variation entre les données peut être entraînée par la volatilité des surfaces de ces cultures due aux choix d'assolement et d'implantation effectués, chaque année, par les agriculteurs.

De manière générale, les filières de mobilisation sont établies et encadrées par différents organismes bien identifiés. Les coûts de production et le manque d'informations sur les intérêts agronomiques, environnementaux et économiques de l'intégration de ces cultures sont encore très limitant au développement de celles-ci.

La filière du chanvre est depuis longtemps une filière innovante, qui s'est développée autour de nouveaux marchés (construction, automobile). Ses pratiques agricoles sont peu impactantes sur l'environnement.

La filière lin se développe de plus en plus autour de cette notion d'innovation, afin d'atteindre de nouveaux débouchés émergents (matériaux composites) et d'améliorer la qualité des produits, par exemple par des modifications génétiques.

En termes de volumes, le bâtiment est le principal secteur de développement (isolants, bétons), cependant la réglementation doit évoluer pour développer et faciliter l'usage de matériaux biosourcés.

**Synthèse des usages par type de ressource, évalués selon :**

- leur niveau de développement actuel (++, +, -, --)
- et leur potentiel de développement (**fort**, **moyen**, faible ou nul)

	Combustion	Méthanisation	Biocarburants de 1G et 2G	Matériaux biosourcés	Produits chimiques biosourcés
Fibre longue de lin fibre	-	--	--	+	--
Fibre courte de lin fibre	--	--	--	++	--
Anas de lin fibre	+	-	--	++	--
Poussière de lin fibre	--	--	--	--	--
Fibre de lin oléagineux	--	--	--	++	--
Anas de lin oléagineux	-	-	--	-	--
Poussière de lin oléagineux	--	--	--	--	--
Fibre du chanvre (papetière et technique)	--	--	--	++	--
Chènevotte de chanvre	--	--	--	++	--
Poussière de chanvre	++	-	--	--	--

## I – Caractéristiques techniques et économiques de la ressource

### Surfaces d'exploitation des cultures annuelles et rendement à l'hectare en ressource biomasse

	Surface (ha) 2010-2012 [299]	Surface (ha) Moyenne et intervalle 2012- 2016	Rendement (TMS/ha)
<b>Graines de lin fibre</b>	57 275	66 548 (60 780- 71 630)	ND
<b>Paille de lin fibre</b>	57 275	66 548 (60 780- 71 630)	5,18
<b>Graine de lin oléagineux</b>	15 300	13 445 (8 510-22 250)	ND
<b>Paille de lin oléagineux</b>	15 300	13 445 (8 510-22 250)	1,76
<b>Paille de chanvre</b>	8 900	9 060 (7 300-11 200)	5,95

Pourcentage de matière issue de la ressource (%) [299]		Lin fibre	Lin oléagineux	Chanvre
<b>Graines/Chènevis</b>		5-8		
<b>Paillettes</b>		3-6		
<b>Produits de la paille</b>	Fibres courtes	10-15	25	29-32
	Fibres longues	15-25	/	
	Anas (lin) / Chènevotte (chanvre)	45-50	65	55
	Poussière	10%	10	10-15

D'après l'observatoire national des ressources en biomasse [299], les pailles de cultures de lin et de chanvre sont présentes majoritairement dans les régions suivantes :

- Pour les pailles de lin fibre : Haute Normandie, Nord Pas de Calais, Picardie, Basse Normandie
- Pour les pailles de lin oléagineux : Centre, Poitou-Charentes, Pays de la Loire, Midi-Pyrénées et Picardie
- Pour les pailles de chanvre : Champagne Ardennes, Midi Pyrénées, Pays de la Loire, Ile de France et Franche-Comté [299]

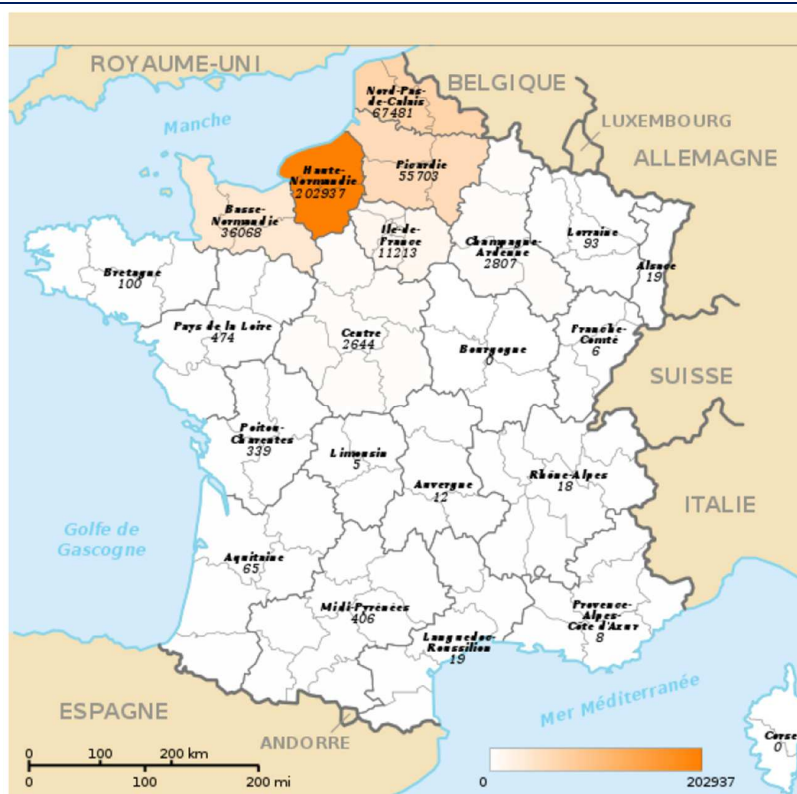


Figure 8 : Estimation régionale de la ressource disponible en paille de lin fibre



Figure 9 : Estimation régionale de la ressource disponible en paille de lin oléagineux

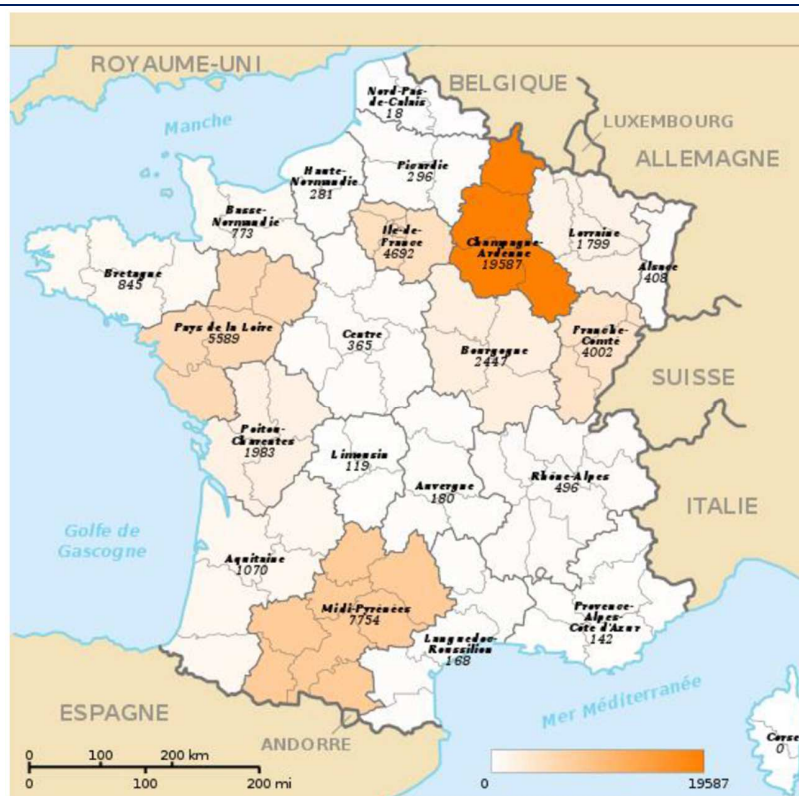


Figure 10 : Estimation régionale de la ressource disponible en paille de chanvre

#### Ressource disponible

Volume Total Produit (milliers de tMS/an)	ADEME 2011 [300]	ONRB 2016 [299]	Eurostat 2016 (2012-2015)
<b>Volume total</b>	442	377	562
<b>Lin textile</b>	385	297	473 (446-506)
Fibre longue de lin fibre	88	72	
Fibre courte de lin fibre	55	37	
Anas de lin fibre	198	156	
Poussière de lin fibre	44	32	
<b>Lin oléagineux</b>	19	27	28 (16-47)
Fibre de lin oléagineux	5	7	
Anas de lin oléagineux	12	17	
Poussière de lin oléagineux	2	3	
<b>Chanvre</b>	38	53	61 (48-78)
Fibre du chanvre (papetière et technique)	15	16	
Chènevotte de chanvre	17	29	

### **Analyse critique des méthodes d'estimation de cette ressource**

Il y a peu d'études disponibles pour l'estimation de la ressource en lin et en chanvre. Les méthodes d'estimations sont identiques, et consistent à multiplier les surfaces destinées à la production de la ressource par les rendements en produits du lin ou du chanvre. [301]

Les surfaces de lin et de chanvre sont variables d'une année à l'autre, ce qui peut expliquer les différences entre les volumes disponibles. Cette variabilité est due aux différences de surfaces qui sont allouées aux cultures de lin et chanvre chaque année et aux échanges d'implantation de cultures au sein du système de rotations. [301] [300]

D'après un expert de Fibres Recherches et Développement, il est prévu que de nouvelles méthodes d'estimations soient utilisées afin de mieux intégrer les enjeux de la volatilité des surfaces mais également d'apporter des estimations sur l'ensemble des produits issus de ces cultures (graines et pailles). [301]

Les études ONRB 2012 [144] et 2015 [10] prennent en compte la paille de lin oléagineux dans les estimations de résidus de cultures annuelles en tant que pailles d'oléagineux. Cependant, les données disponibles ne permettent pas d'évaluer la ressource disponible et mobilisée dans le rapport.

Les ressources disponibles prennent en compte uniquement les parties de la plante issues de la paille. La ressource disponible des autres parties de la plante (graines), ne sont pas estimées, cependant les graines peuvent être valorisées en cosmétique.

### **Détail des méthodes d'estimation de la ressource disponible**

- ADEME, Evaluation de la disponibilité et de l'accessibilité de fibres végétales à usages matériaux en France, 2011 [300] :

Pour répondre à la volatilité des surfaces de lin et chanvre, FRD réalise une moyenne d'estimation de gisement entre 2001 et 2008.

Les surfaces moyennes de cultures (2001-2008) et les rendements considérés sont :

Lin fibre : 75 000 ha et 5,9 tMS/ha

Lin oléagineux : 11 000 ha et 1,7 tMS/ha

Chanvre 8 000 ha et 6,2 tMS/ha

- FranceAgriMer, Observatoire National des Ressources en Biomasse, 2016 [299] :

Ressource disponible = quantité produite = surface x rendement par hectare

Sources utilisées :

Pour le lin fibre : Volume Total Produit = surface (FranceAgriMer/ASP)\*rendement(CIPALIN)

Pour la paille de lin oléagineux : surface (Ageste)\*rendement(GIELinée)

Pour le chanvre Volume Total Produit = surface (SAA)\*rendement (Interchanvre et FNPC)

- Eurostat, 2016

Méthodologie non identifiée

## Ressource mobilisée

Volume Mobilisé pour les matériaux (milliers de tMS/an)	ONRB 2016 [299]
Volume total	138
Fibre longue de lin fibre	Marginal
Fibre courte de lin fibre	5
Anas de lin fibre	122
Poussière de lin fibre	0
Fibre de lin oléagineux	0,7
Anas de lin oléagineux	ND
Poussière de lin oléagineux	ND
Fibre du chanvre (papetière et technique)	4,8
Chênevotte de chanvre	5,5

### **Analyse critique des méthodes d'estimation de la mobilisation réelle**

Seule l'étude de l'ONRB estime les volumes mobilisés de lin et de chanvre à l'échelle nationale. De plus, l'estimation des volumes mobilisés ne concerne que la valorisation en matériaux biosourcés et aucune autre valorisation.

### **Méthode d'estimation de la ressource réellement mobilisée**

- Observatoire National des Ressources en Biomasse, 2016 [299] :

#### Hypothèses émises :

- Pour le lin fibre
  - Fibres longues : les volumes mis sur le marché sont encore marginaux, difficilement quantifiables
  - Fibres courtes : 15 % des fibres courtes sont valorisées dans le domaine des non-tissés pour l'automobile
  - Anas : entre 50 à 80 % des anas sont valorisés dans le domaine des panneaux
  - Poussières : pas de valorisation connue
- Pour le lin oléagineux
  - Fibres courtes : enquête CAVAC Biomatériaux, et enquête du CETIOM (2009) auprès des producteurs de lin oléagineux et des Organismes Stockeurs pour la fibre de lin oléagineux
  - Anas et poussières : pas de valorisation connue
- Pour le chanvre
  - Fibres : 30 % des fibres sont valorisées dans le domaine des fibres techniques pour les isolants souples et les non-tissés pour l'automobile
  - Chênevotte : 19 % des chènevottes sont valorisées dans le domaine des bétons
  - Poussières : pas de valorisation connue

## Potentiel de développement de la ressource

D'après l'étude Evaluation de la disponibilité et de l'accessibilité de fibres végétales à usages matériaux en France de l'ADEME [300], d'ici 2035, les besoins en fibres (longues et courtes) et en anas/chènevottes pour la production d'isolants et de matériaux composites seraient respectivement de 255 000 tonnes et 345 000 tonnes, nécessitant 29000 ha destinés au lin et au chanvre. [300]

Voir Section 4 du rapport « Prospective à horizon 2035 ».

## II – Usages et hiérarchisation

### Valorisation énergétique (électricité et chaleur)

Actuellement de faibles volumes sont destinés à la production d'énergie par combustion d'anas de lin ou de poussières de lin ou de chanvre.

#### Contenu énergétique

	Contenu énergétique (MWh/t)	Potentiel méthanogène (m3 CH4/tMS)
Lin	4,4	ND
Chanvre	4,38	ND

#### Combustion

- Une partie de la ressource en anas de lin fibre est valorisée en combustion.  
La coopérative Lin 2000 a mis en place une chaudière biomasse dans l'Oise, permettant de chauffer un ensemble de bâtiments via un réseau de chaleur sur la commune de Grandvilliers. Cette chaudière, aujourd'hui gérée par COFELY Services, valorise principalement les **anas de lin (1 500t/an)** et peut compléter son approvisionnement avec de la paille broyée. La chaudière produit 6,7GWh utiles par an. La durabilité dans le temps est remise en question du fait du faible prix du gaz par rapport à la biomasse agricole. [302]
- Les fibres longues de lin fibre peuvent également être valorisées en combustion mais cela représente des volumes marginaux de la ressource mobilisée. [299]
- Les poussières de lin et de chanvre peuvent être compactées sous forme de granulés et réutilisées pour la combustion [299]

### Production de matériaux biosourcés

Les cultures de lin et de chanvre sont essentiellement valorisées sous forme de matériaux biosourcés dans les secteurs de la construction, de la papeterie, de l'automobile, des loisirs et du sport. Les matériaux biosourcés sont issus des différents produits de la paille, cependant les fibres sont de loin le produit le plus important en termes de volumes valorisés et de pourcentage de chiffres d'affaires (72%). [300]

43% du volume total de production de lin fibre est valorisé en matériaux biosourcés, 19% pour le chanvre, 3% pour le lin oléagineux [299]

- Lin fibre  
La **fibre longue** du lin fibre est essentiellement utilisée dans les **débouchés textiles**. Depuis une dizaine d'années, de nouvelles applications se développent notamment dans la **construction (bétons, parpaings) et la production de laine isolante**. Ces filières sont mises en place à partir d'initiatives individuelles.  
Différents projets visent à structurer les filières d'approvisionnement. [299] Le projet SINFONI, a pour objectif de créer les conditions d'utilisation à grande échelle de ces matières, par la structuration de la filière nationale d'approvisionnement « fibres techniques végétales lin et chanvre à usage matériaux » en réunissant des acteurs industriels et académiques, complémentaires sur l'ensemble de la chaîne de valeur. [303]  
La **fibre courte** est principalement utilisée dans la **papeterie** [301], pour les non-tissés du secteur automobile, mais également pour le textile et la corderie. [299]



50% des **anas** de lin sont valorisés dans la production de **panneaux isolants**. [299]

- Lin oléagineux

La valorisation de la **paille de lin oléagineux** se développe. Une enquête CETIOM, menée en 2009 auprès des producteurs de lin oléagineux et d'Organismes Stockeurs, a montré que 31 % des pailles de lin oléagineux étaient exportées et 37 % des pailles exportées étaient valorisées dans le domaine des **isolants souples**, par le biais de la CAVAC matériaux biosourcés en Vendée. [299]

- Chanvre

La **fibre** est valorisée dans la **filière papetière** pour la fabrication de papiers spéciaux (papier à cigarette, papier bible, billet de banque, etc.), ce qui représente 70% des débouchés du chanvre [299]

20% des volumes valorisés de **chênevottes** sont utilisés dans le secteur du **bâtiment (bétons, ...)**. La production française de bétons de chanvre représente 40 000 tonnes de bétons. [304]. L'entreprise Vicat utilise de la chènevotte dans la production de granulats végétaux à l'origine de composites pour bétons. [305]

- La production d'isolants à partir de fibres végétales mobilise 5 000 tonnes de laines de lin et de chanvre produites et consommées en France. [304]
- La production de matériaux composites représente des volumes marginaux. La société AFT Plasturgie, leader européen des produits composites, valorise 2000t/an de fibres végétales (chanvre..) dans le secteur de la production de matériaux composites associant matières plastiques et fibres naturelles. [299]

#### Etat de l'usage pour un usage en chimie :

- Les graines de lin oléagineux et les chènevis sont en partie valorisés en huile cosmétique. [301]

#### Usages les plus prometteurs

La production de matériaux biosourcés représente le principal moteur de développement des filières lin et chanvre.

Selon les projections de l'ADEME pour 2030, dans l'étude « Marché actuel des bioproduits industriels et des biocarburants et évolutions prévisibles à échéance 2015/2030 », la production de lin et de chanvre en 2030 pourrait représenter 290 000 hectares. [300]

Surface prospective à l'horizon 2035 (milliers d'ha) [306]	Lin	Chanvre
<b>Total</b>	122	380
<b>Laine isolante</b>	41	96
<b>Emballage / manutention</b>	ND	55
<b>Automobile / transport</b>	16	54
<b>Construction</b>	62	150
<b>Nouveaux marchés</b>	3	25

#### Impacts environnementaux

- Les cultures de lin et de chanvre présentent des **intérêts environnementaux** non négligeables. Les cultures de lin ne demandent que très peu voire aucun fertilisants et pesticides. Elles ne nécessitent pas d'irrigation pendant le développement de la plante. Elles absorbent autant de CO<sub>2</sub> qu'il en faut pour en produire, elles ont donc une production à bilan carbone neutre. [300]  
Le développement du chanvre à partir des variétés utilisées n'est pas impacté par les maladies virales, bactériennes et fongiques. De ce fait, la culture de chanvre ne nécessite pas de traitement fongicide, et généralement, aucun traitement insecticide n'est réalisé sur les cultures de chanvre industriel. De plus, le chanvre couvre le sol rapidement évitant la prolifération d'adventices, et donc limitant l'usage d'herbicides. [300]

- Des **Analyses de Cycle de Vie (ACV)** ont évalué l'impact environnemental de plusieurs filières de valorisation.

Concernant le chanvre, l'incorporation de fibres de chanvre dans la **production de thermoplastiques** permet de réduire de 20% la consommation d'énergie et de 40% l'impact sur l'effet de serre par rapport au polypropylène pur utilisé plus couramment. [304]

Dans le **secteur du bâtiment (bétons)**, l'utilisation de chanvre permet également de stocker davantage de CO<sub>2</sub> équivalent. Par exemple, le cycle de vie d'un mètre carré de mur en béton de chanvre sur cent ans stocke entre 14 et 25 kg de CO<sub>2</sub>. [304]

- Les filières de production des produits du lin ont mis en place des certifications diverses, notamment la certification GOTS (Global Organic Textile Standard) de pailles biologiques dans le secteur textile. La marque européenne EUROPEAN FLAX déposée par la Confédération Européenne du Lin et du Chanvre (CELC) a pour objectif de valoriser l'origine et les savoir-faire utilisés lors de la production, de certifier la traçabilité et d'être un gage de qualité pour les consommateurs. [307]
- La biodégradabilité de certains matériaux biosourcés (emballages, laine isolante,...) représente également un atout majeur notamment dans le secteur des emballages.

### III – Analyse des freins et leviers à la mobilisation des ressources agricoles actuelles

#### Les principaux freins à la mobilisation

*L'influence forte et fluctuante de la demande sur l'offre rend difficile la gestion des besoins en ressources.*

*Les coûts de production élevés et la récolte contraignante pour l'agriculteur sont des facteurs limitant le développement des cultures de lin et de chanvre.*

*La compétition avec les différents usages peut limiter la disponibilité des ressources pour le développement du marché des matériaux biosourcés.*

#### Freins économiques

- Des filières sous influence **d'une demande fluctuante**

Les surfaces allouées aux cultures de lin et de chanvre varient chaque année suivant le choix d'implantation des agriculteurs. Généralement, le choix de produire une année du lin ou du chanvre se fait grâce aux débouchés existants (en volume et en prix). [299] Quant à la demande, les cultures de fibres approvisionnent les marchés mondiaux, les ressources mobilisées par les filières sont sujettes aux fluctuations des marchés (effets de mode) [1]

- Les coûts de production sont élevés : les fibres de lin et de chanvre sont chères et ont une qualité intermédiaire par rapport aux autres fibres du marché. Les organisations du chanvre travaillent sur la réduction des coûts de production. [301]

#### Freins sociologiques

- **Le manque de sensibilisation du consommateur** quant à l'utilisation et aux bénéfices des matériaux biosourcés limite le développement de la filière [304] ;
- La **difficulté d'apprentissage de la culture**, qui repose sur une double récolte des grains et de la paille ainsi que le **manque de références technico-économiques** sur les bénéfices de l'insertion du lin et du chanvre sont deux freins identifiés impactant la volonté de l'agriculteur d'insérer ce type de cultures dans son schéma de rotations [308] ;
- La question de la concurrence d'accès au sol par rapport aux cultures alimentaires peut être un frein à la production de ces types de cultures. D'ici 2030, leur développement est estimé à environ 300000 ha selon l'ADEME, ce qui équivaut à 1% de la SAU de ces 20 dernières années. [300]

#### Freins techniques

- **Des disponibilités de ressources méconnues**

Il y a peu d'études d'estimations de la ressource disponible et mobilisable, ce qui freine la mise en place des filières de valorisation. [2]

- **Des filières de récolte contraignantes**

De manière générale, la récolte du lin et du chanvre intervient au moment de la récolte des cultures dominantes ce qui nécessite une organisation particulière du travail. Elle engendre également des choix lors de mise en silos qui consistent soit à investir dans des silos de grande taille afin de prendre en charge l'ensemble des collectes, soit à vendre les cultures mineures à bas prix afin de libérer les silos pour les cultures dominantes. [308]

Concernant le chanvre, les agriculteurs peuvent intégrer, en fonction de leur situation géographique, des bassins de production plus ou moins récents, fonctionnant en organisation collective. Ce type de bassins de production concentre la plupart des producteurs et nécessite la mise en place de CUMA (Coopérative d'Utilisation de Matériel Agricole) pour faciliter la production et la commercialisation. La récolte à l'aide du matériel de la CUMA est longue et chronophage pour l'agriculteur, elle peut durer deux mois dans le cas de la CAVAC (Coopérative en Vendée) [301].

D'autres agriculteurs peuvent faire appel à des Chanvrières, s'ils se situent dans leur rayon d'intervention. Ces organisations proposent des contrats sur 5 ans et gèrent la récolte des cultures. Elles peuvent récolter 6000 ha en 15 jours, ce qui est beaucoup plus efficace que la récolte dans certains bassins de production. Cependant, la récolte de la Chanvrière est coûteuse et implique une contractualisation sur 5 ans qui peut être contraignante dans les choix d'implantation au sein du système de rotation de l'agriculteur. [301]

- Les produits du chanvre doivent être entièrement valorisés pour assurer la rentabilité tandis que les produits du lin doivent être valorisés pour limiter les coûts de stockage de la matière en surplus non valorisée. [3]

#### **Frein réglementaire**

- Le secteur de l'écoconstruction devrait permettre le développement de la mobilisation de la ressource en chanvre. Cependant, les **normes actuelles n'encouragent pas l'utilisation du chanvre issu de filières locales**. En effet, elles facilitent l'usage des matériaux d'écoconstruction de l'industrie, dont les matières premières sont souvent importées de loin mais dont la réglementation et les normes sont déjà bien définies et respectées. Dans le cas des matériaux issus de chanvre local, ils sont souvent hétérogènes, ce qui rend difficile la mise en place de normes pour ces matériaux. Pour développer l'implantation de filières locales, la législation pourrait valoriser les savoir-faire des artisans expérimentés au sein des réglementations professionnelles. [309]

#### **Compétition d'usages**

- La paille de lin oléagineux est très peu valorisée, et reste principalement enfouie ou utilisée pour le paillage horticole [299] ;
- Les chènevottes sont également majoritairement valorisées sur le marché du paillage horticole et des litières de petits animaux (80 % des volumes) [299] ;

Les graines de lin et chènevis sont aujourd'hui principalement valorisées en oisellerie et en appâts de pêche. [301]

#### **Les principaux leviers à la mobilisation**

*Les cultures de lin et de chanvre sont intéressantes à intégrer dans un schéma de rotation. Elles agissent sur la structuration du sol, nécessitent peu de traitements phytosanitaires et d'intrants et réduisent la prolifération d'adventices, de ravageurs et de maladies.*

*Les filières de lin et chanvre s'organisent autour d'une démarche innovante d'écoconception (pratiques culturales respectueuses de l'environnement, certification des produits et des pratiques de valorisation,...).*

#### **Leviers économiques**

- Les cultures de chanvre bénéficient d'une aide économique de la PAC couplée à l'hectare pouvant influencer le développement de la production [304] ;
- **Des filières créatrices d'emplois** : Selon l'étude ADEME « Emplois actuels et futurs pour la filière chimie du végétal » (2012), le nombre d'emplois directs des filières chimie et matériaux biosourcés devraient s'élever à 50 000, d'ici 2020. [304] D'autre part, L'étude ADEME sur la disponibilité des fibres végétales à usages matériaux, indique que 8000 agriculteurs ainsi que 2000 emplois directs

au sein des industries de première transformation sont liés à la valorisation des fibres végétales lin, chanvre et miscanthus ;

- Les filières de valorisation du lin et du chanvre en matériaux biosourcés sont innovantes (nouveaux marchés) et engendrent des produits à haute valeur ajoutée. [301]

#### **Leviers techniques**

- Les acteurs des filières agro-industrielles (récolte, transformation) sont bien identifiés facilitant la mise en place de filières de valorisation [300] ;
- Des pôles de compétitivité ont été mis en place pour la filière de valorisation des fibres en matériaux biosourcés. Le pôle IAR comprend 280 adhérents et fédère, sur des projets collaboratifs, les industriels, la recherche publique et le monde agricole [304] ;
- La sélection variétale du lin présente se développe depuis les cinq dernières années. Elle permet de développer la filière lin fibre en choisissant des variétés optimisant le rendement en paille et le taux de fibres tout en s'inscrivant dans une démarche d'écoconception. [304]

#### **Leviers sociologiques**

- Les organismes gérant les filières de lin et de chanvre, comme la CELC, mettent en place des outils pédagogiques sur les usages techniques de la filière. [299]

#### **Leviers agronomiques**

- Les cultures de lin et de chanvre sont considérées comme de bonne tête de rotation car elles permettent d'ameublir et de structurer le sol grâce à leur système racinaire et nettoient le sol des adventices [300] ;
- Le lin fibre de printemps favorise la lutte contre les maladies et les ravageurs des cultures automnales, tandis que le lin fibre d'hiver piège les nitrates et limite l'érosion. [300]

### **3.9. Cultures pérennes**

<b>Cultures ligneuses (taillis à courte ou très courte rotation - TCR ou TTCR) et lignocellulosiques (miscanthus, switchgrass, phalaris)</b>	
<p>Ressource disponible : 76 000 t de matière sèche</p> <p>Ressource potentiellement mobilisable : 76 000 t de matière sèche</p> <p>Gisement mobilisé : +/- 76 000 t de matière sèche</p>	<p><b>Type(s) d'utilisation :</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Électricité et chaleur</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Biocarburants (2G)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Biomatériaux</p> <p><input type="checkbox"/> Chimie</p>
<p><b>Messages clés :</b></p> <p>La ressource en cultures ligneuses et lignocellulosiques reste marginale, autour de 5 000 hectares, principalement composée de miscanthus et située autour de l'Île-de-France et dans les régions de l'Ouest (Bretagne, Normandie). La majorité de la ressource est valorisée en énergie ou en litière / paillage.</p> <p>La ressource disponible est connue au travers de la statistique agricole annuelle, données recoupées avec des enquêtes réalisées par le RMT biomasse auprès des acteurs clés de la filière avec des résultats assez comparables.</p> <p>Il existe assez peu de compétition d'usage pour ces matières aujourd'hui qui peinent à trouver un débouché à prix intéressant.</p> <p>Leur développement reste limité, par manque de compétitivité de prix en comparaison avec le prix des énergies fossiles. L'optimisation des coûts logistiques de mobilisation de cette biomasse est une piste pour améliorer l'équilibre économique de cette filière.</p>	

Ces

### Données économiques :

- Coûts d'implantation autour de 3 000 €/ha [314]
- Prix de marché bois énergie : 18 à 21 €/MWh [330]
- Pour un rendement estimé moyen (8 à 12 tMS/ha/an) et une marge nulle, les prix de revient sont les suivants [314] :
  - Cultures lignocellulosiques : 74 à 104 €/tMS, soit 14 à 22 €/MWh
  - Cultures ligneuses : 94 à 105 €/tMS, soit 17 à 21 €/MW

cultures apportent aux chaufferies une piste pour sécuriser leur plan d'approvisionnement. Bien positionnées, elles peuvent aussi présenter des avantages environnementaux, notamment la protection de la qualité de l'eau, la lutte contre l'érosion et valoriser des terres marginales.

Grâce aux nombreux projets de recherche sur le miscanthus, de nouveaux débouchés pour la valorisation en matériaux biosourcés émergent mais restent encore peu développés, limitant la mise en place de filières de valorisation. A moyen terme, ces cultures font partie du panel de biomasse pouvant servir à la production de carburant de seconde génération et à la chimie verte.

### Synthèse des usages par type de ressource, évalués selon :

- leur niveau de développement actuel (++, +, -, --)
- et leur potentiel de développement (**fort**, **moyen**, faible ou nul)

	Combustion	Méthanisation	Biocarburant	Matériaux biosourcés	Produits chimiques biosourcés
TCR	+	--	--	--	--
TTCR	++	--	--	--	--
Miscanthus	++	--	--	-	--
Switchgrass	+	--	--	--	--
Phalaris	--	--	--	--	--

## I – Caractéristique techniques et économiques de la ressource

### Ressource disponible et mobilisée :

	Etude ONRB 2012 [144]	Etude ONRB 2015 [10]	Statistique agricole annuelle (2015)
<b>Tonnages (t MS) total</b> <b>Tonnes miscanthus et switchgrass</b> <b>Tonnes TCR/TTCR</b>	33 085 tMS 21 885 (1) 11 196 (1)	76 000 tMS 55 000 tMS 21 000 tMS	
<b>Rendement miscanthus et switchgrass</b> <b>Rendement TCR/TTCR</b>	15 t MS/ha/an 12 t MS/ha/an	18 t MS/ha/an (2) 10 t MS/ha/an (2)	
<b>Surfaces totales estimées (ha)</b> <b>Surfaces miscanthus et switchgrass</b> <b>Surfaces TCR/TTCR</b>	2 392 ha (1) 1 459 ha (1) 933 ha (1)	5 200 ha 3 000 ha (2) 2 200 ha (2)	4 701 ha

(1) donnée recalculée, (2) communication [310]

- La ressource en cultures ligneuses et lignocellulosiques est estimée entre 4 700 et 5 200 hectares selon les sources. Elle se situe principalement autour de la région parisienne et dans l'ouest.
- Le niveau de valorisation actuel correspond à la quasi-totalité de la ressource existante. Le miscanthus, culture la plus significative, est récoltée annuellement avec comme débouchés l'énergie, la litière, le paillage. Certaines surfaces de Taillis à Très Courte Rotation n'ont pas été récoltées au bout de 3-4 ans et peuvent être considérées comme des Taillis à Courte Rotation.
- AILE et le RMT Biomasse recensent quelques parcelles de cultures lignocellulosiques détruites pour un retour en production agricole traditionnelle, par manque de débouché à prix intéressant.

#### **Détail des méthodes d'estimation de la ressource disponible**

- ONRB 2012 [144]  
Les données 2012 sont obtenues en croisant les données PAC 2009 sur les surfaces bénéficiant de l'aide aux cultures énergétiques ou de la mesure jachère industrielle avec les rendements moyens issus des fiches cultures lignocellulosiques, 15 t MS/ha pour le miscanthus et 12 t MS/ha/an pour le TCR [311]. Le tonnage valorisé équivaut au tonnage disponible.
- ONRB 2015 [10]  
En 2015, la ressource disponible est calculée à partir d'un recensement de surfaces 2012 du RMT Biomasse (3 000 ha de miscanthus/switchgrass et 2 200 ha de TCR/TTCR) et d'hypothèses de rendement de 18t MS/ha pour le miscanthus/switchgrass et de 10 t MS/ha pour les TCR/TTCR. La culture de switchgrass reste anecdotique par rapport au miscanthus. Le tonnage de biomasse disponible est estimé à partir d'un rendement de miscanthus de 18 t MS/ha/an, hypothèse élevée. En rendement moyen, il est préférable d'utiliser 12-14 t MS/ha [312] ce qui baisserait le tonnage total disponible à 61 000 tonnes de matière sèche.
- Statistiques agricoles [313]  
Les données de statistique agricole annuelle incluent les cultures lignocellulosiques dans la catégorie « autres cultures non alimentaires ». En 2015, l'estimation de surface de cultures lignocellulosiques est de 4701ha. Entre les deux méthodes, on trouve une différence de 500 hectares. Sur des faibles surfaces comme il en est question, la marge d'erreur des statistiques agricoles peut être significative [310]. En parallèle, le RMT biomasse recense des cultures plantées sur des terres non agricoles, ce qui est le cas des Taillis à très courte rotation (TTCR) plantés en Bretagne sur des terrains communaux ou industriels.

#### **Potentiel de développement de la ressource**

Le niveau de valorisation futur peut s'approcher au travers des études du potentiel de développement.

- L'étude Lignoguide [279] considère que la part des biocombustibles solides devra passer de 11,1 Mtep en 2010 à 20 Mtep en 2020 avec une mobilisation potentielle des cultures lignocellulosiques de l'ordre de 10% de ce total, soit 2 Mtep = 5M tMS, ce qui équivaut à 500 000 hectares de miscanthus. Avec en parallèle, 1 Million d'hectares pour les matériaux et la chimie.
- Pour coupler la production d'énergie à la protection de la qualité de l'eau et ainsi limiter au maximum l'impact sur la production alimentaire, l'étude du RMT Biomasse [314] estime le développement possible des cultures énergétiques dans les bassins d'alimentation de captage. En retenant 1% de la surface agricole utile de chaque périmètre d'agence de bassin plafonné à moins de 10% de la surface totale de chaque aire d'alimentation de captages, le potentiel de cultures énergétiques calculé est de 179 884 ha en France métropolitaine, soit l'équivalent de 6 763 GWh.
- Pour les raisons de concurrence d'usage, la vision Ademe 2030-2050 s'attache à ne pas augmenter les surfaces dédiées aux biocarburants. L'utilisation de nouveaux types de ressources telles les cultures lignocellulosiques reste envisageable dans la mesure où elles permettent une utilisation plus efficace de la ressource biomasse [148].
- Le scénario Afterre 2050 vise quant à lui à maintenir et valoriser une partie des prairies naturelles à des fins énergétiques et pour la chimie et repose également sur la progression des surfaces forestières pour répondre aux enjeux énergétiques. Il considère le développement de biocarburants de seconde génération à hauteur de 16 000 GWh, sans préciser la biomasse utilisée [315].

Voir Section 4 du rapport « Prospective à horizon 2035 ».

## Etat de l'usage par la valorisation énergétique :

### Contenu énergétique des cultures pérennes :

	Rendement récolte en sec (t MS/ha)	Contenu énergétique (MWh/t)
TCR / TTCR [279]	8-12	5,2 pour le TTCR 5,5 pour le TCR
Miscanthus [279]	12-15	5,14
Switchgrass [279]	10-12	5,14
Phalaris [316]	6-8	4,53

### Electricité et chaleur :

Les cultures lignocellulosiques (miscanthus, switchgrass récoltées en sec, TCR et TTCR) sont valorisées à des fins de combustion directe, notamment pour la déshydratation de luzerne (2 sites en France, la Coopédome, l'UCDV un 3<sup>ème</sup> en projet à la Codema), en mélange pour la fabrication de granulés (7 sites en France) ou en combustion directe en chaudière agricole, collective ou industrielle [279].

Récoltées à maturité, les cultures lignocellulosiques ont un taux d'humidité assez faible ce qui leur permet d'être directement valorisable en combustion ou de pouvoir être granulées. Leur composition diffère cependant de celle du bois (teneur en minéraux plus élevée), leur valorisation doit donc se faire dans des chaudières adaptées [317]. Les cultures ligneuses sont plus faciles à valoriser en chaufferie mais leur récolte nécessite du matériel spécifique (TTCR) et se fait sur du bois humide.

En raison de son pouvoir absorbant plus important que celui de la paille, le miscanthus est aussi très utilisé en constituant de litière.

### Biocarburants :

Les cultures lignocellulosiques font partie des candidats pour la fabrication de carburant de seconde génération (2G) (projet de recherche Futuro). Parmi les verrous à lever pour le déploiement de cette filière, il est nécessaire de diminuer le coût de la biomasse, qui compte pour quelque 25 % du coût total de production, et de maîtriser et garantir d'accès à un volume conséquent et pérenne [318]. Les cultures dédiées, de par leur haut rendement et caractère pérenne peuvent contribuer à la sécurisation des approvisionnements.

## Etat de l'usage pour la production de matériaux biosourcés :

Il n'existe pas de commercialisation effective de matériaux biosourcés intégrant des fibres de culture ligneuse ou lignocellulosiques. Le miscanthus est cité comme constituant possible de matériaux biosourcés (cf. Panorama des marchés fibres végétales techniques et matériaux (hors bois) FRD en cours [301]).

Différents projets de R&D se penchent sur l'utilisation du miscanthus pour la production de matériaux biosourcés, dont les usages sont prometteurs dans les secteurs du bâtiment et du transport [300] et notamment le projet de recherche « Biomass For the Future » (2012-2019) : projet de bloc béton allégé et autoporteur intégrant des fibres de miscanthus ou conception de composites polymères intégrant le miscanthus.

## Etat de l'usage pour un usage en chimie :

Les cultures lignocellulosiques peuvent être de bonnes matières premières au bioraffinage de seconde génération. Le bioraffinage lignocellulosique pour la production de lignine est une thématique prometteuse car c'est la seule matière première renouvelable composée de motifs aromatiques ce qui vient en substitution des dérivés pétrochimiques [319].

Le bioraffinage fait l'objet de programmes de recherche visant à mieux connaître la structure et les propriétés de la biomasse lignocellulosique et à produire des molécules à usage industriel multiple (programme Bioraffinerie des Lignines de l'Inra, projet FP7 Biocore, plate-forme Lignine de l'université de Wageningen).

A moyen terme, les cultures lignocellulosiques pourraient servir à la fabrication de matériaux polymères, additifs et à plus long terme de dérivés aromatiques offrant des possibilités de valorisation à plus haute valeur ajoutée.

### **Impacts environnementaux**

Impacts liés à la culture :

- Prélèvements en eau des cultures pérennes supérieure à celles des cultures annuelles, notamment en profondeur [320] ;
- Réduction du ruissellement des eaux de surface, de l'érosion et du lessivage de l'azote en phase production (diminution des intrants, augmentation du couvert végétal, développement du système racinaire) [279]. Implantées en bandes, elles présentent une capacité d'infiltration supérieure à celle de l'herbe [321] ;
- Faible niveau d'émission de gaz à effet de serre par hectare (besoins réduits en intrants azotés) [279] ;
- Augmentation des stocks de carbone par rapport aux cultures annuelles (notamment grâce au retour au sol des feuilles) [279], [322] ;
- Impact sur la biodiversité en général favorable en comparaison avec les cultures conventionnelles, variant cependant en fonction de la localisation de la culture et de ses modalités de récolte [322] [278] ;
- Bilan énergétique du TCR/TTCR estimé entre 20 et 30 [322]. Le principal poste de consommation énergétique est la récolte et le transport ;
- En raison de sa stérilité et de la faible croissance latérale de son rhizome, aucun risque d'invasivité n'a été détecté chez les variétés triploïdes de *Miscanthus x giganteus* actuellement utilisées en agriculture [323] ;
- La remise en état de la parcelle est assez aisée pour les TCR et TTCR car les racines restent peu profondes : après une récolte, broyage des souches couplé éventuellement à un désherbage chimique, puis labour [324]. Le miscanthus nécessite quelques passages mécanisés supplémentaires pour épuiser les rhizomes [279].

Impacts liés à la valorisation :

- Emission a minima de deux fois moins de gaz à effet de serre que la production d'énergie à partir du gaz naturel et trois fois moins que le fioul [325] ;
- Dégagement de HCl dans les fumées (risque de corrosion et de pollution) lors de la combustion notamment pour les cultures lignocellulosiques [317]. Des chaudières spécifiques sont proposées par les constructeurs.

## **III – Analyse des freins et leviers à la mobilisation des ressources agricoles actuelles**

### **Analyse des freins à la mobilisation / au développement :**

*Le manque de rentabilité de ces cultures est le principal frein à leur développement. Ces cultures sont récentes et n'ont pas encore trouvé de modèle économique.*

#### **Freins sociologiques**

- Craintes des agriculteurs concernant la non-rentabilité de la production : engagement de l'agriculteur sur la durée pour une rémunération non immédiate.

#### **Freins liés à la connaissance**

- Manque d'informations concernant les cultures pérennes et leur méthode de production

#### **Freins économiques**

- Les frais d'implantation de ces cultures pérennes sont importants, de l'ordre de 3 000 à 4 500 €/ha et ne sont compensés qu'après un minimum de 3 ans pour les TTCR à 7 à 9 ans pour les TCR [314] ;



- Les coûts de mobilisation sont comparables voir plus élevés que ceux de la ressource bois. Pour un rendement estimé moyen (8 à 12 tMS/ha/an) et une marge nulle, les prix de revient sont les suivants [314] :
  - Cultures lignocellulosiques : 74 à 104 €/tMS, soit 14 à 22 €/MWh ;
  - Cultures ligneuses : 94 à 105 €/tMS, soit 17 à 21 €/MWh.
- Ces cultures ne permettent pas de dégager la marge brute des autres productions agricoles ;
- Ecart d'échelle de temps : Opposition entre les contrats pour les cultures énergétiques qui sont sur 10 ou 15 ans et la planification agricole qui est sur une à 2-3 années. Par exemple, l'accessibilité aux fonds chaleurs et prêts bancaires sont des contrats sur 5 ans.

#### **Freins réglementaires**

- Eventuelle remise en cause des jachères si les cultures pérennes y sont implantées.

#### **Compétition d'usage**

- Un autre frein majeur est la concurrence de l'usage alimentaire-non alimentaire des sols agricoles. De telles cultures réorganisent également l'aménagement et les rotations sur le long terme (durée d'implantation du miscanthus d'environ quinze ans) ;
- Implantées sur des terres marginales (sols pollués, délaissés) ou à vocation territoriale (enjeu eau, érosion) elles apportent une plus-value dans la gestion du territoire. Cet impact positif pouvant éviter des frais par ailleurs (dans le cas de coulées de boues par exemple ou d'entretien de fascines).

#### **Analyse des leviers à la mobilisation / au développement :**

*Grâce à leur haut rendement et caractère pérenne, les cultures lignocellulosiques sont présentées comme de bons candidats pour sécuriser l'approvisionnement de chaufferies ou bioraffineries. Elles peuvent jouer un rôle intéressant dans la protection de la qualité de l'eau ou pour valoriser des terres marginales. L'amélioration des coûts de production de ces cultures et le développement de nouvelles utilisations industrielles contribueront au développement de ces cultures.*

#### **Leviers techniques**

- La recherche et développement autour de ces cultures est assez récente. Des progrès sont attendus sur toute la chaîne de valeur, de l'amélioration variétale au développement de nouveaux usages industriels en passant par l'itinéraire de culture.

#### **Leviers environnementaux**

- Il existe des situations favorables au développement de ces cultures qui vont associer à la production énergétique des intérêts environnementaux (lutte contre l'érosion, protection des zones de captage, ...), sociales / économiques (emploi, attractivité du territoire...). Optimiser les retombées positives de ces cultures sur les territoires et monétariser ces effets est un des leviers à leur développement ;
- Les cultures lignocellulosiques peuvent contribuer à valoriser des terres agricoles marginales (délaissés, terres éloignées de l'exploitation). Elles peuvent aussi redonner un intérêt économique à des terres agricoles contaminées par des métaux (cf. projet PHYTENER, expérimentation de phytostabilisation de métaux par la plantation de miscanthus, valorisé en combustion [326]).

#### **Leviers économiques**

- Les agriculteurs font des choix dans leur assolement en fonction des conditions de rémunération des cultures. La rémunération des cultures lignocellulosiques doit être suffisamment attractive en comparaison avec les cultures de vente pour que les surfaces augmentent ;
- Les cultures lignocellulosiques et de TCR nécessitent peu d'interventions en dehors de l'établissement de la culture et des récoltes et peuvent ainsi permettre une réduction du temps de travail sur l'exploitation (< 4heures/ha/an pour le miscanthus, switchgrass, TCR contre 6 à 7 pour la culture de maïs [279]). Ceci est moins vrai pour le TCR qui nécessite des interventions lourdes lors des opérations d'abattage, de débardage et de broyage ;

- La contractualisation entre les producteurs et les industriels peut permettre d'apporter à l'agriculteur une stabilité et garantie de prix et à l'industriel de sécuriser son approvisionnement et sa qualité ;
- Les cultures lignocellulosiques peuvent permettre de diversifier les sources d'approvisionnement d'une chaufferie biomasse. C'est le cas de la Coopérative de déshydratation de luzerne de la Coopédom en Ille-et-Vilaine qui alimente son four biomasse avec un mélange de 5 000 t miscanthus sec et de 5 000 t de plaquettes forestières et connexes plus humides ;
- Enfin, l'optimisation des coûts logistiques de mobilisation de ces cultures est une piste pour améliorer l'équilibre économique de cette filière (cf. étude Ademe en cours par le RMT Biomasse et FranceAgriMer [312]) ;
- Une garantie des risques (SNBiomasse) a été proposée pour contrebalancer ces écarts d'échelles de temps.

### 3.10. Synthèse : Mobilisation de la biomasse agricole en France aujourd'hui

#### 3.10.1. Biomasse agricole disponible, mobilisable et mobilisée aujourd'hui

D'après l'état des lieux réalisé, les ressources disponibles potentiellement mobilisables et mobilisées, à la date de réalisation de l'étude, sont les suivantes [143] :

**Tableau 1 : Biomasse agricole disponible, potentiellement mobilisable et réellement mobilisée (en 2016)**

	Ressource disponible (kt MS)	Ressource potentiellement mobilisable (kt MS)	Ressource mobilisée	
			kt MS	Mtep
<b>Cultures annuelles</b>	5 283 – 5 801	5 283 – 5 801	5 542	1,32
<b>Bois de haies et agroforesterie</b>	1 802	1 784	919	0,37
<b>Résidus de cultures pérennes (vergers, vignes)</b>	2 396 – 2 401	969 - 985	291	0,13
<b>Cultures pérennes à vocation énergétique</b>	76	76	76	0,03
<b>Effluents d'élevage</b>	72 082 – 80 794	956 – 69 891	222	0,03
<b>Résidus de cultures annuelles</b>	57 000 – 89 600	8 300 – 11 790	89	0,02
<b>Issues de silos</b>	150 - 650	45 - 132	18	0,004
<b>Cultures intermédiaires à vocation énergétique</b>	23 826	4 378	5	0,001
<b>Surfaces en herbe</b>	61 200	4 770	1	0,0003
<b>Lin</b>	324 - 529	128	128	-
<b>Chanvre</b>	38 - 61	10	10	-
<b>TOTAL</b>	<b>224 177 – 266 740</b>	<b>26 699 – 99 745</b>	<b>7 300</b>	<b>1,9</b>

Globalement, la biomasse mobilisée représente environ 7 300 kt MS pour un usage énergétique, soit 1,9 Mtep et 434 kt MS pour un usage en matériaux et chimie.

En masse, les ressources les plus mobilisées sont de loin les cultures annuelles dédiées à la production de biocarburant. Mais si l'on les ressources disponibles, ce sont les effluents d'élevage et les résidus de cultures qui représentent les volumes les plus importants. Ces ressources souffrent cependant d'un très faible taux de mobilisation réelle, principalement lié à des difficultés technico-économiques de mobilisation.

En ce qui concerne les usages, la biomasse agricole est aujourd'hui principalement utilisée pour la production de biocarburants de première génération. Les autres filières énergétiques sont peu développées ou en

développement (comme la méthanisation) et principalement liées à des projets locaux. Il en est de même pour les usages à plus haute valeur ajoutée comme les biomatériaux et la chimie.

Le

Tableau 2 ci-dessous reprend les mêmes chiffres que le Tableau 1 ci-dessus mais les présente par usage et non plus par type de ressource.

**Tableau 2 : Biomasse agricole réellement mobilisée à l'heure actuelle par usage**

<b>Aujourd'hui : Biomasse agricole mobilisée</b>			
<b>Biomasse agricole mobilisée pour un usage non alimentaire (Energie ou Matériaux et chimie), en pourcentage de la ressource mobilisée</b>		<b>Mtep</b>	<b>Kt MS</b>
<b>Energie (Mtep PRIMAIRE)</b>			
<b>Combustion</b>	100% des résidus de cultures pérennes, cultures pérennes à vocation énergétique, bois de haies et agroforesterie + 42% des résidus de cultures mobilisés + 95% des issues de silos mobilisables	0,5	1 340
<b>Méthanisation</b>	100% des effluents d'élevage, des surfaces en herbe et des cultures intermédiaires à vocation énergétiques (CIVE) + 49% des résidus de cultures mobilisés + 5% des issues de silos mobilisables + 3% des cultures annuelles (maïs)	0,2	877
<b>Biocarburants</b>	91% des cultures annuelles (céréales, betteraves, oléagineux)	1,2	4 649
<b>TOTAL Energie</b>		<b>1,9</b>	<b>6 866</b>
<b>Matériaux et chimie (kt MS)</b>			
<b>Fibres</b>	100% du lin et du chanvre + 8% des résidus de cultures annuelles mobilisés		145
<b>Autres</b>	6% des cultures annuelles (céréales, betteraves, oléagineux)		289
<b>TOTAL Matériaux et chimie</b>			<b>434</b>

### **3.10.2. Enjeux de la mobilisation de la biomasse**

La réalisation de l'état de l'art de la mobilisation de la biomasse agricole en France a permis de mettre en évidence les principaux enjeux liés au développement de cette mobilisation :

- l'évolution de l'occupation des sols (agricoles et non agricoles) ;
- la place de la biomasse agricole dans les usages énergétiques, matériaux et chimie ;
- les concurrences d'usage avec les usages agronomiques et alimentaires des ressources ;
- les compétitions entre filières et plus particulièrement entre les différents types de biomasses ;
- les impacts environnementaux et agronomiques (notamment sur la teneur en matière organique et le stockage de carbone) liés au développement et à la mobilisation des ressources.

A ces enjeux viennent se greffer deux freins opérationnels :

- la mauvaise rentabilité économique des filières de valorisation, en lien avec un prix des énergies fossiles faible et un sous-développement technique global ;
- le manque d'appropriation par les agriculteurs de cette valorisation économique et l'instauration de relations de confiance entre producteurs et utilisateurs de biomasse agricole.

#### 4. Prospective à l'horizon 2035

Deux scénarios d'évolution de la mobilisation de la biomasse ont été étudiés :

- un scénario « Objectifs nationaux », tenant compte des objectifs politiques fixés au niveau français en matière d'énergie, de climat, d'alimentation et d'agriculture ;
- un scénario « Stockage de carbone », tenant compte des objectifs précédemment cités, et privilégiant en outre l'utilisation de biomasse favorisant le retour au sol de la matière organique (ex. : résidus de cultures).

L'étude de ces deux scénarios a conduit à une estimation de la biomasse agricole mobilisée, à l'horizon 2035, que nous avons comparée aux chiffres de la demande en énergie, matériaux et chimie issus de cette biomasse, et calculés sur la base de diverses études prospectives, dont la vision 2030 - 2050 de l'ADEME, en cours de réactualisation. L'analyse environnementale de ces deux scénarios, notamment en matière d'émissions de gaz à effet de serre et de stockage de carbone, n'a pas été menée. Le présent exercice consiste essentiellement à proposer deux voies différentes de mobilisation de la biomasse.

##### 4.1. Facteurs influençant la disponibilité et la mobilisation de la biomasse

###### 4.1.1 Objectifs politiques en termes d'énergie, d'alimentation et de matières en lien avec la biomasse agricole

A horizon 2035, la France s'est fixé un certain nombre d'objectifs politiques pouvant influencer la mobilisation de la biomasse, en particulier agricole. Ces objectifs visent à :

- influencer la demande en matière d'énergie, d'alimentation et de matériaux biosourcés ;
- réduire les impacts environnementaux au niveau national (notamment les émissions de gaz à effet de serre) ;
- influencer la mobilisation de la biomasse de manière générale.

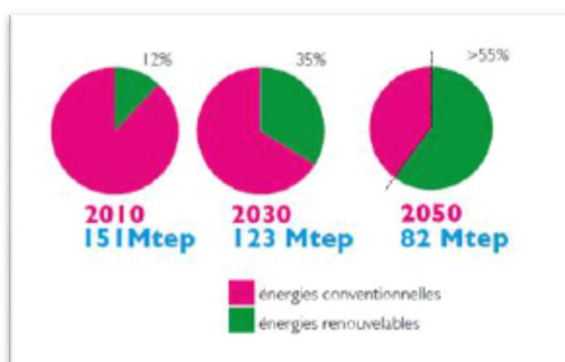
Les principaux objectifs pris en compte dans le cadre de cette analyse prospective, ainsi que les textes les décrivant, sont listés dans le tableau ci-dessous.

Loi / Stratégie / Plan / Initiatives	Objectifs
<b>Loi sur la transition énergétique pour une croissance verte (LTECV)</b>	Réduire la consommation énergétique finale de 50% en 2050 par rapport à la référence 2012, en visant un objectif intermédiaire de 20% en 2030 ; Porter la part des énergies renouvelables à 23% de la consommation finale brute d'énergie en 2020 et à 32% en 2030 ; Porter la part des énergies renouvelables à 40% de la production d'électricité, 38% de la consommation finale de chaleur, 15% de la consommation finale de carburant et 10% de la consommation de gaz ; Réduire les émissions de gaz à effet de serre de 40% entre 1990 et 2030 et diviser par quatre les émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2050.
<b>Stratégie nationale bas carbone (SNBC)</b>	Diviser par quatre les émissions de gaz à effet de serre à horizon 2050 (Facteur 4), pour émettre moins de 140 MtCO <sub>2</sub> eq en 2050 ; Développer l'agroforesterie, les haies et les autres infrastructures agro-écologiques pour atteindre un total de 700 000 ha de haies et 120 000 ha d'agroforesterie en 2035 ; Préserver les prairies permanentes : limiter la perte à 490 000 ha de prairies permanentes entre 2010 et 2035 ; Implanter des cultures intermédiaires sur 80% des cultures de printemps en 2035 ; Utiliser 40% des déjections maîtrisables en méthanisation.

<b>Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE)</b>	Réduire fortement la consommation d'énergie (-12% en 2023) et en particulier la consommation d'énergies fossiles (-22% en 2023) ; Augmenter de plus de 70% la capacité d'énergies renouvelables électriques et augmenter de 50% la production de chaleur renouvelable ; Rendre le système énergétique de demain plus flexible et résilient aux chocs de toute nature, grâce à des orientations permettant de développer le stockage, de promouvoir l'autoconsommation ou bien encore de déployer les réseaux de chaleur.
<b>Stratégie nationale de mobilisation de la biomasse (SNMB)</b>	En cours de rédaction.
<b>Initiative 4 pour 1 000</b>	Améliorer la teneur en matière organique et encourager la séquestration du carbone dans les sols.
<b>7<sup>ème</sup> programme d'action européen pour l'environnement</b>	Pas d'artificialisation nette des sols en 2050.

#### 4.1.2 Evolution de la demande en énergie, alimentation et matière

En accord avec les objectifs gouvernementaux de la loi de transition énergétique et l'objectif Facteur 4, la consommation d'énergie et la part des énergies renouvelables devraient évoluer d'après l'ADEME de la façon suivante :



**Figure 11 : Vision de l'ADEME 2012 concernant la consommation d'énergie et la part des énergies renouvelables pour 2030 et 2050**

En particulier, les besoins en biomasse pour la production d'énergie primaire seront de 28,8 Mtep à l'horizon 2035 et de 27 Mtep à l'horizon 2050. L'ADEME estime que la mobilisation de la biomasse forestière (principalement en combustion) et de la biomasse issue des biodéchets (principalement en méthanisation) permettrait de produire respectivement 14,7 Mtep et 0,8 Mtep à horizon 2035<sup>36</sup>. Les besoins en biomasse agricole ont été estimés en intégrant ces contributions. En ce qui concerne les matériaux et la chimie, l'étude menée par Alcimed pour le compte de l'ADEME en 2015 estime les besoins en fibres et en autres types de biomasse. Les besoins sont récapitulés dans le tableau suivant.

<sup>36</sup> Les données proposées à horizon 2035 sont issues de la vision de l'ADEME actualisée en 2016

**Tableau 3 : Besoins en biomasse agricole pour un usage énergie, matériaux et chimie à horizon 2030/2035**

		Besoins en 2035	
		Tout type de biomasse	Biomasse agricole
<b>Energie (Mtep d'énergie primaire)</b>			
<b>Combustion</b>	Chaleur et cogénération	15,7	1,0
<b>Méthanisation</b>	BtG, biométhane, cogénération, injection	5,9	5,1
<b>Biocarburants</b>	Total hors import	4,3	3,5
Contribution de la biomasse forestière (via la combustion)		14,7	
Contribution de la biomasse issue des biodéchets (via la méthanisation)		0,8	
<b>TOTAL</b>		<b>25.9<sup>37</sup></b>	<b>9,6</b>
<b>Matériaux et chimie (kt MS) [327]</b>			
<b>Fibres</b>	Lin, chanvre, autres		369-1 009
<b>Autres</b>	Huiles, saccharose, substances amylières		1 901-2 552
<b>TOTAL</b>			<b>2 270-3 561</b>

En ce qui concerne l'alimentation, l'étude Afterre 2050 réalisée par Solagro envisage une évolution importante des habitudes alimentaires des français. Elle s'oriente en particulier vers une baisse de la consommation de viande et de produits laitiers et une production végétale proche du niveau de production actuelle, avec une augmentation des systèmes de production extensifs et de qualité (bio, label rouge, etc.). Compte tenu de ces évolutions, la surface agricole nécessaire pour produire l'alimentation diminuerait de 29,1 millions d'hectares en 2010 à 28,4 millions en 2030 et à 27,6 millions en 2050. D'autre part, l'artificialisation des sols s'élève à 37 000 ha/an d'après le scénario Afterre de 2015 à 2035 et devient nulle après 2035. Cela permet d'envisager une nouvelle utilisation de près d'un million d'hectares de terres agricoles après 2035<sup>38</sup>, pour des usages non alimentaires par exemple.

## 4.2. Evolution prospective de la mobilisation de la biomasse agricole

### 4.2.1. Hypothèses associées aux différents scénarios

Comme pour la situation actuelle, nous avons cherché à estimer successivement, à l'horizon 2035, les quantités de biomasse disponible, de biomasse potentiellement mobilisable et de biomasse réellement mobilisée. Nous détaillons dans ce paragraphe les principales hypothèses qui nous ont permis d'estimer ces trois quantités à l'horizon 2035.

**Rappel :**

**Biomasse disponible en 2035 en 2035 :** il s'agit de la quantité de biomasse récoltable prête à être utilisée

**Biomasse potentiellement mobilisable :** Il s'agit de la ressource disponible à laquelle on soustrait les usages prioritaires agronomiques (retour au sol, litières, compost) et non agronomiques (alimentation animale et humaine).

**Biomasse potentiellement mobilisée en 2035 :** Parmi la ressource potentiellement mobilisable en 2035, il s'agit de la quantité de ressources réellement utilisées pour des usages énergétiques (électricité, chaleur, biocarburants), chimie ou matériaux, compte tenu des éventuels freins technologiques, économiques et sociologiques en 2035.

A l'horizon 2035, la *biomasse disponible* a été estimée à partir des ressources disponibles actuelles et ajustée en tenant compte de l'évolution des surfaces agricoles et du cheptel. Elle est quasiment la même pour les

<sup>37</sup> En tenant compte des importations de cultures annuelles pour la production de biocarburants (2.8 Mtep), le besoin totale de biomasse nécessaire atteint 28,8 Mtep

deux scénarios. Concernant les cultures dédiées, les surfaces proposées et la production associée tiennent compte d'une part des objectifs gouvernementaux visant à limiter la production de biocarburants de première génération, et d'autre part des besoins pour répondre à l'ensemble des usages. Ainsi, la surface relative aux cultures utilisées pour la production de biocarburants est stable, alors que les surfaces des autres cultures dédiées (pour la méthanisation, le lin et chanvre, cultures pérennes, cultures annuelles destinées à la production de matériaux biosourcés) augmentent pour répondre au besoin.

La *biomasse potentiellement mobilisable* a été ajustée en fonction de la biomasse disponible, ainsi que des différentes allocations entre les usages, à savoir l'alimentation humaine et animale, le retour au sol et l'utilisation en litière pour les résidus de cultures.

La part des *ressources qui seront potentiellement mobilisées* en 2035 (« biomasse mobilisée ») a été estimée à dire d'experts, compte tenu de la mobilisation actuelle, et d'une estimation qualitative de la maturité technologique, de la rentabilité économique et de l'acceptabilité sociale de l'utilisation de la ressource.

Les hypothèses utilisées sont décrites ci-dessous, ressource par ressource et pour chaque scénario. Trois hypothèses permettent d'expliquer les écarts entre les deux scénarios :

- dans le scénario « Stockage carbone », le choix de retourner au sol une quantité beaucoup plus importante de résidus de culture (66% contre 33% dans l'autre scénario) et d'herbes de prairies (100% contre 0%) ;
- et une orientation différenciée des cultures dédiées, avec notamment une plus faible valorisation en méthanisation, et un développement plus poussé de l'agroforesterie dans le cas du scénario « Stockage carbone ».

A noter que la quantité de carbone stocké dans les deux scénarios n'a pas été calculée. Les scénarios gagneraient à être précisés en tenant compte de la quantité exact de carbone stocké, ainsi que de l'échelle de temps relative à l'évolution du stock de carbone suite à des éventuels changements d'assolement et de pratiques : un pas de temps de 10 ans est estimé nécessaire pour pouvoir évaluer une telle évolution.



**Tableau 4 : Hypothèses utilisées pour les deux scénarios à l'horizon 2035 (en bleu les hypothèses variant entre les deux scénarios)**

Ressources	Biomasse disponible		Biomasse potentiellement mobilisable		Biomasse mobilisée estimée	
	Scénario "Objectifs nationaux"	Scénario "Stockage carbone"	Scénario "Objectifs nationaux"	Scénario "Stockage carbone"	Scénario "Objectifs nationaux"	Scénario "Stockage carbone"
Résidus de cultures annuelles	Identique à aujourd'hui	<p>&gt; Retour au sol : 33%</p> <p>&gt; Utilisation en litière : 50% de la biomasse non retournée au sol</p>	<p>&gt; Retour au sol : 66%</p> <p>&gt; Utilisation en litière : 50% de la biomasse non retournée au sol</p>	<p>&gt; Usage organique via l'épandage du digestat issu de la méthanisation.</p> <p>&gt; Usage méthanisation : 40% de la biomasse mobilisable</p> <p>&gt; Usage matériaux biosourcés et chimie : 0,5% de la ressource mobilisable.</p> <p>Accroissement des surfaces actuelles, à rendement constant, pour atteindre les besoins en fibres en 2035 estimés entre 369 et 1 009 kt. (3)</p> <p>Hypothèse : 240-656 kt de lin (65%)+ 55-152 kt chanvre (15%) + 19-50 kt miscanthus (5%) + 55-151 kt résidus de cultures annuelles (15%)</p> <p>&gt; Pas d'autres usages</p>	<p>&gt; Pas d'utilisation en combustion pour augmenter le retour au sol de la matière organique via l'épandage du digestat issu de la méthanisation.</p> <p>&gt; Usage méthanisation : 45% de la biomasse mobilisable. La ressource non utilisée pour la combustion est réallouée à la méthanisation.</p> <p>&gt; Usage matériaux biosourcés et chimie : 1% de la ressource mobilisable.</p> <p>Accroissement des surfaces actuelles, à rendement constant, pour atteindre les besoins en fibres en 2035 estimés entre 369 et 1 009 kt. (3)</p> <p>Hypothèse : 240-656 kt de lin (65%)+ 55-152 kt chanvre (15%) + 19-50 kt miscanthus (5%) + 55-151 kt résidus de cultures annuelles (15%)</p> <p>&gt; Pas d'autres usages</p>	

Ressources	Biomasse disponible		Biomasse potentiellement mobilisable		Biomasse mobilisée estimée	
	Scénario "Objectifs nationaux"	Scénario "Stockage carbone"	Scénario "Objectifs nationaux"	Scénario "Stockage carbone"	Scénario "Objectifs nationaux"	Scénario "Stockage carbone"
Issues de silos	Identique à aujourd'hui		Identique à aujourd'hui		> Usage méthanisation : 80% des issues mobilisables > Pas d'autres usages	
Résidus de cultures pérennes (vergers, vignes)	Identique à aujourd'hui (2)		Identique à aujourd'hui		> Usage combustion : 80% des résidus mobilisables > Pas d'autres usages	
Lin	Calculé à partir de la quantité de biomasse mobilisée estimée en 2035. Application du même ratio entre biomasse disponible et mobilisée qu'aujourd'hui (source : ONRB 2016)		Accroissement de la production pour répondre aux besoins. Augmentation des surfaces actuelles, à rendement constant, pour atteindre les besoins en fibres en 2035 estimés entre 369 et 1009 kt. (3) Hypothèse : 240-656 kt de lin (65%)+ 55-152 kt chanvre (15%) + 19-50 kt miscanthus (5%) + 55-151 kt résidus de cultures annuelles (15%)		> Usage matériaux biosourcés et chimie : 100% de la ressource mobilisable	
Chanvre	Calculé à partir de la quantité de biomasse mobilisée estimée en 2035. Application du même ratio entre biomasse disponible et mobilisée qu'aujourd'hui (source : ONRB 2016)		Accroissement de la production pour répondre aux besoins. Augmentation des surfaces actuelles, à rendement constant, pour atteindre les besoins en fibres en 2035 estimés entre 369 et 1009 kt. (3) Hypothèse : 240-656 kt de lin (65%)+ 55-152 kt chanvre (15%) + 19-50 kt miscanthus (5%) + 55-151 kt résidus de cultures annuelles (15%)		> Usage matériaux biosourcés et chimie : 100% de la ressource mobilisable	
Surfaces en herbe	Prairies : Identique à aujourd'hui (2015) Herbe issue de surfaces non agricoles : 1800 (1)-2000 kt MS (2)		Prairies : 3,6 % de la ressource disponible, pour atteindre 450 000 ha, estimation ADEME Vision 2035 (1) Herbes de surfaces non agricole : 100% de la ressource disponible (1)		> Usage méthanisation. <b>Prairies : 0% de la ressource mobilisable</b> ; Herbes de surfaces non agricole : 50% de la ressource mobilisable (1) > Pas d'autres usages	> Usage méthanisation. <b>Prairies : 100% de la ressource mobilisable pour participer au maintien des prairies</b> ; Herbes de surfaces non agricole : 50% de la ressource mobilisable (1) > Pas d'autres usages

Ressources	Biomasse disponible		Biomasse potentiellement mobilisable		Biomasse mobilisée estimée	
	Scénario "Objectifs nationaux"	Scénario "Stockage carbone"	Scénario "Objectifs nationaux"	Scénario "Stockage carbone"	Scénario "Objectifs nationaux"	Scénario "Stockage carbone"
<b>Cultures pérennes à vocation énergétique</b>	Accroissement de la production pour répondre aux besoins. Augmentation des surfaces actuelles, à rendement constant, par 10 et par 30.	Scénario "Stockage carbone"	100% de la biomasse disponible		> Usage combustion : 10% de la ressource disponible (76-228 kt) > Usage matériaux biosourcés et chimie : 3% de la ressource disponible (19-50 kt) > Usage biocarburants : 87% (668-2003 kt)	
<b>Bois de haies et agroforesterie</b>	Haies : identique à 2010 (900 000 ha de haies) Agroforesterie : <b>Développement accru de l'agroforesterie : 500 ha de surface en 2035 (1), soit une production de 224 kt</b> en utilisant un rendement identique à celui des haies.	Haies : identique à 2010 (900 000 ha de haies) Agroforesterie : <b>Développement accru de l'agroforesterie : 150 000 ha de surface en 2035, soit une production de 274 kt</b> en utilisant un rendement identique à celui des haies.	Ratio ressource disponible/ressource mobilisable identique à aujourd'hui.		> Usage combustion. Haies : 60% de la ressource mobilisable; agroforesterie : 50% de la ressource mobilisable > Pas d'autre usage	
<b>Cultures annuelles</b>	Cultures annuelles (grains) : - Surfaces dédiées à la production de biocarburants : identique à aujourd'hui (1); - Surfaces dédiées à la production de matériaux et chimie : Accroissement de la production pour répondre aux besoins. Augmentation des surfaces actuelles, à rendement constant, pour atteindre les besoins en produits amylières (céréales), saccharifères (betteraves) et oléagineux en 2035 estimés respectivement à 1 223-1 341 kt, 371-557 kt et 307-654kt. (3); - Cultures dédiées à la méthanisation : 260 000 ha. Hypothèse : 50% maïs (15 tMS/ha) et 50% sorgho (12 tMS/ha)		100% de la biomasse disponible		> Usage méthanisation : 18-19% de la ressource mobilisable > Usage biocarburant : 53-57% de la ressource mobilisable > Usage matériaux biosourcés et chimie : 23-29% de la ressource mobilisable	

Ressources	Biomasse disponible		Biomasse potentiellement mobilisable		Biomasse mobilisée estimée	
	Scénario "Objectifs nationaux"	Scénario "Stockage carbone"	Scénario "Objectifs nationaux"	Scénario "Stockage carbone"	Scénario "Objectifs nationaux"	Scénario "Stockage carbone"
<b>Cultures intermédiaires à vocation énergétique</b>	Identique à aujourd'hui		30% de la biomasse disponible (1)		> Usage méthanisation : 100% de la ressource mobilisable > Pas d'autre usage	
<b>Effluents d'élevage</b>	Baisse du cheptel bovin de 11% et baisse de la production de fumier de 11% (1)		50% de la biomasse disponible		> Usage méthanisation : 100% de la ressource mobilisable > Pas d'autre usage	

(1) Hypothèses compatibles avec les données actualisées de l'ADEME (2012) L'exercice de prospective de l'ADEME "Vision 2030-2050"

(2) Hypothèses compatibles avec les données issues de l'étude Solagro (2014) Scénario Afterre 2050

(3) Alcimed (2015) Marché actuel des produits biosourcés et évolutions à horizons 2020 et 2030. Pour l'ADEME.

#### 4.2.2. Estimation de la mobilisation de la biomasse à l'horizon 2035 et analyse

En appliquant les hypothèses listées ci-avant, la répartition par ressource à l'horizon 2035, en kt MS est la suivante. Les ressources sont classées des plus (potentiellement) mobilisées au moins (potentiellement) mobilisées en 2035 :

**Tableau 5 : Estimation de la biomasse agricole mobilisée à horizon 2035, par ressource pour les deux scénarios**

2035	Scénario « Objectifs nationaux »		
	Ressource disponible (kt MS)	Ressource potentiellement mobilisable (kt MS)	Ressource potentiellement mobilisée (kt MS)
Résidus de cultures annuelles	57 000 – 89 600	19 095 – 30 016	9 643 – 15 158
Effluents d'élevage	64 976 – 73 492	32 488 – 36 746	9 746 – 11 024
Cultures annuelles	10 110 – 10 961	8 628 – 9 557	8 628 – 9 557
Cultures pérennes à vocation énergétique	760 – 2 280	760 – 2 280	760 – 2 280
Cultures intermédiaires à vocation énergétique	23 826	4 378	1 313
Bois de haies et agroforesterie	2 026	2 005	1 181
Surfaces en herbe	61 200 – 61 400	4 770 – 4 970	900 – 1 000
Résidus de cultures pérennes (vergers, vignes)	2 396 – 2 401	969 - 985	775 - 788
Lin	608 – 1 661	240 - 656	240 - 656
Chanvre	292 - 806	55 - 152	55 - 152
Issues de silos	150 - 650	45 - 132	36 - 106
<b>TOTAL</b>	<b>158 368 – 269 103</b>	<b>73 433 – 91 877</b>	<b>33 278 – 43 215</b>

2035	Scénario « Stockage de carbone »		
	Ressource disponible (kt MS)	Ressource potentiellement mobilisable (kt MS)	Ressource potentiellement mobilisée (kt MS)
Effluents d'élevage	64 976 – 73 492	32 488 – 36 746	9 746 – 11 024
Cultures annuelles	8 110 – 8 761	6 628 – 7 357	6 628 – 7 357
Résidus de cultures annuelles	57 000 – 89 600	9 690 – 15 232	4 942 – 7 768
Surfaces en herbe	61 200 – 61 400	4 770 – 4 970	3 870 – 3 970
Cultures pérennes à vocation énergétique	760 – 2 280	760 - 2280	760 – 2 280
Cultures intermédiaires à vocation énergétique	23 826	4 378	1 313
Bois de haies et agroforesterie	2 076	2 055	1 206
Résidus de cultures pérennes (vergers, vignes)	2 396 – 2 401	969 - 985	775 - 788
Lin	608 – 1 661	240 - 656	240 - 656
Chanvre	292 - 806	55 - 152	55 - 152
Issues de silos	150 - 650	45 - 132	36 - 106
<b>TOTAL</b>	<b>156 418 – 266 953</b>	<b>62 078 – 74 943</b>	<b>29 571 – 36 620</b>

Dans les deux scénarios, ce sont les résidus de cultures annuelles, les cultures annuelles dédiées et les effluents d'élevage qui représentent les plus gros volumes mobilisés.

La répartition par usage de la biomasse **potentiellement mobilisée** à l'horizon 2035 est quant à elle estimée comme suit :

**Tableau 6 : Estimation de la biomasse agricole mobilisée à l'horizon 2035, par usage**

	Besoins en biomasse agricole	Scénario "Objectifs nationaux"		Scénario "Stockage de carbone"	
	2035	MIN	MAX	MIN	MAX
<b>Energie (Mtep PRIMAIRE)</b>					
<b>Combustion</b>	1,0	1,0	1,2	0,8	0,9
<b>Méthanisation</b>	5,1	3,0	4,1	3,0	3,7
<b>Biocarburants</b>	3,5	1,7	2,3	1,6	2,2
<b>TOTAL</b>	<b>9,6</b>	<b>5,7</b>	<b>7,6</b>	<b>5,4</b>	<b>6,8</b>
<b>Matériaux et chimie (kt MS)</b>					
<b>Fibres</b>	369-1009	407	1 008	408	1 010
<b>Autres</b>	1 901-2 552	1 901	2 552	1 901	2 552
<b>TOTAL</b>	<b>2 910-3 561</b>	<b>2 308</b>	<b>3 560</b>	<b>2 309</b>	<b>3 562</b>

Les principaux types de biomasse mobilisés par usage pour chaque scénario, par quantité décroissante d'énergie et de matériaux pouvant être produite par cette ressource, sont les suivants :

**Tableau 7 : Principaux types de biomasse utilisés par usages**

	Scénario "Objectifs nationaux"	Scénario "Stockage de carbone"
	Principales ressources potentiellement mobilisées en 2035	
<b>Energie (Mtep PRIMAIRE)</b>		
<b>Combustion</b>	Bois de haies et agroforesterie > Résidus de cultures pérennes > Résidus de cultures annuelles	Bois de haies et agroforesterie > Résidus de cultures pérennes
<b>Méthanisation</b>	Résidus de cultures annuelles > Effluents d'élevage > Cultures annuelles > Cultures intermédiaires à vocation énergétique > Surfaces en herbe	Surfaces en herbe > Résidus de cultures annuelles > Effluents d'élevages > cultures annuelles > Cultures intermédiaires à vocation énergétique
<b>Biocarburants</b>	Cultures annuelles > Cultures pérennes à vocation énergétiques > Résidus de cultures	Cultures annuelles > Cultures pérennes à vocation énergétiques > Résidus de cultures
<b>Matériaux et chimie (kt MS)</b>		
<b>Fibres</b>	Lin > Résidus de cultures annuelles > Chanvre	Lin > Résidus de cultures annuelles > Chanvre
<b>Autres</b>	Cultures annuelles	Cultures annuelles

Au regard de ces résultats, les principaux constats sont les suivants :

- **A l'horizon 2035, la quantité de biomasse disponible et potentiellement mobilisée pourrait être conséquente**, notamment en comparaison avec la biomasse mobilisée aujourd'hui. La marche à franchir semble donc d'autant plus importante, pour réaliser ces projections.
- **Les scénarios de mobilisation de la biomasse agricole proposent des solutions intéressantes qui permettraient de répondre aux besoins pour la combustion, les matériaux biosourcés et la chimie (2 900-3 600 kt MS)**. La ressource bocagère, les résidus de cultures pérennes et, dans une moindre mesure, les cultures pérennes, offrent un complément de ressources à l'atteinte des objectifs énergétiques en matière de combustion, essentiellement pour la fourniture de chaleur, à la principale ressource, qui est celle fournie par la filière forêt-bois. Concernant la mobilisation de la biomasse agricole pour la production de matériaux biosourcés et la chimie (ex. : lin et chanvre, cultures pérennes dédiées), celle-ci est fortement corrélée à la surface de cultures dédiées à ces usages. La satisfaction de ces besoins est donc relativement flexible, via l'augmentation des surfaces

concernées afin d'augmenter la production permettant de répondre aux besoins, sous réserve d'une gestion appropriée des compétitions d'usages des terres.

- **En revanche, la biomasse mobilisée en 2035 ne permet pas d'atteindre les quantités de biomasse nécessaire pour les usages biocarburants et méthanisation.** Ces usages font appel à deux types de ressources :
  - des ressources dédiées (ex. : cultures pérennes), aujourd'hui insuffisamment disponibles, et pour lesquelles une augmentation des surfaces de production permettraient de répondre aux besoins ;
  - et plusieurs autres types de ressources, certes disponibles en quantité suffisante, mais pour lesquelles le niveau de mobilisation doit être fortement accru car il est aujourd'hui insuffisant pour des raisons principalement techniques, technologiques ou économiques (ex. : résidus de cultures et les effluents d'élevage).

A noter que la ressource potentiellement mobilisable, si elle était totalement utilisée, permettrait de répondre aux besoins en biomasse pour la méthanisation et les biocarburants. Des marges de manœuvre sont donc possibles pour augmenter sa mobilisation réelle d'ici 2035.

- **Enfin, l'augmentation des surfaces de certains types de biomasse peut engendrer des conflits d'usages des sols.** L'augmentation des surfaces de lin et de chanvre représenterait respectivement 88 000 à 413 000 ha supplémentaires, les cultures pérennes représenteraient entre 45 000 et 145 000 ha supplémentaires et les cultures annuelles représenteraient une surface supplémentaire d'environ 770 000 d'hectares (pour la production de biomatériaux). Ceci étant dit, le scénario Aferre 2050 estime que la SAU en 2050 permettrait de satisfaire les besoins en alimentation humaine et animale, tout en produisant des cultures dédiées (céréales et oléagineux) sur 1 million d'hectares supplémentaires par rapport à 2010 et en récoltant l'herbe de prairies sur 2 millions d'hectares. La valorisation des fourrages et herbes de prairies en tant que telle ne devrait pas engendrer de conflit car elle permettrait au contraire de maintenir les prairies (et les services écosystémiques associés) qui disparaîtraient autrement probablement avec la diminution du cheptel bovin. Néanmoins, une réflexion globale et plus approfondie doit être menée pour déterminer l'utilisation la plus judicieuse de ces surfaces au regard des usages à satisfaire. On peut noter que la concurrence d'usages peut être évitée pour les cultures pérennes en utilisant des surfaces non agricoles. A noter que la rentabilité de l'utilisation de ces surfaces est à étudier, les coûts de récolte et de transport pouvant être élevés compte tenu de la dispersion géographique de ces surfaces.

Au vu de ces constats, dans l'optique d'atteindre les objectifs de mobilisation de la biomasse à des fins énergétiques tels que rappelés plus haut, une première recommandation consiste à favoriser **l'orientation des ressources pouvant être mobilisées pour de multiples usages (résidus de cultures annuelles, cultures pérennes), vers la méthanisation et la production de biocarburant.**

En parallèle, des actions fortes doivent être mises en place pour favoriser l'utilisation des ressources mobilisables qui, si elles étaient utilisées en totalité permettrait d'atteindre les objectifs fixés. Afin d'établir des recommandations concrètes sur les actions à mettre en œuvre à l'échelle nationale, l'analyse de l'état de mobilisation de la biomasse et des mesures mises en place à cet effet dans quatre autres pays de l'Union européenne a été réalisée dans le chapitre suivant.



## 5. Situation dans différents pays de l'Union européenne

### 5.1. Choix des pays étudiés

Les pays étudiés que sont l'Allemagne, l'Italie, les Pays-Bas et le Royaume-Uni ont été sélectionnés en concertation avec le comité de pilotage. Les critères de sélection ont été les suivants :

- Diversité de situations géographiques
- Taille du gisement de biomasse agricole
- Diversité dans les types de gisement de biomasse agricole
- Existence d'une politique active de mobilisation de la biomasse agricole pour l'énergie / les produits biosourcés
- Pays ayant mis en œuvre des politiques publiques sur les approvisionnements en énergies renouvelables depuis plusieurs années : retour d'expériences / existence d'étude d'évaluation des politiques
- Facilité d'accès à l'information, contacts/organismes déjà identifiés

### 5.2. Données clés des pays étudiés

**Tableau 8 : Surfaces agricoles et cheptel en France et dans les quatre pays étudiés**

	France	Allemagne	Italie	Pays-Bas	Royaume-Uni
Surface de terres agricoles (Surface agricole Utile ou SAU) (millions ha) [1] (2013)	27,7	16,7	12,1	1,8	17,1
Soit, part de SAU par rapport à la superficie totale du territoire (%) [1] (2013)	51,0	46,8	40,2	44,5	68,8
Surface de terres arables (millions ha) [1] (2013)	18,5	11,9	6,7	1,0	6,3
Linéaire de haies (million km)	0,7 [2]	nc	nc	0,4 [3]	0,4 <sup>39</sup> [4]
<b>Cultures</b>					
Part de la surface arable utilisée pour la culture de céréales (%) [1] (2013)	52,1	55,0	52,1	20,3	48,6
Part de la surface arable utilisée pour la culture d'oléagineux <sup>40</sup> (%) [1] (2013)	12,6	12,7	5,3	0,7	12,0
Quantité de paille produite (millions de tonnes brutes)	77,2 (MS) 25,5 <sup>41</sup> [5] 40,8 [6]	25,3 <sup>42</sup> [7] 30 [8] 28,4 [6]	12,4 [6]	1,1 [6]	8.5 <sup>43</sup> [9] 15,0 [6]

<sup>39</sup> En Angleterre en 2007

<sup>40</sup> Colza, tournesol, soja et autres oléagineux

<sup>41</sup> L'article indique une production de paille coupée estimée à 25,5 millions de tonnes, soit 21,7 kg MS pour une teneur en matière sèche de 85% (hypothèse). Le calcul a été réalisé par le GIE Arvalis/Onidol d'après les données d'assolement de 2005.

<sup>42</sup> L'étude indique une production de 30 millions de tonnes de paille, soit 25,9 kg MS pour une teneur en matière sèche de 85% (hypothèse).

<sup>43</sup> Environ 10 millions de tonnes de paille (85% de matière sèche) sont produits chaque année.

	France	Allemagne	Italie	Pays-Bas	Royaume-Uni
Ratio « quantité de paille / surface totale de production de paille » - céréales (t MS/ha)	6-10 [10] <sup>44</sup>	Max 3-4	nc	5 [11]	2.75 – 3.5 [12]
<b>Élevage</b>					
Part de la surface arable utilisée pour la culture de fourrage (ha) [1] (2013)	26,5	23,2	28,8	42,9	25,8
Surface de prairies permanentes (million ha) [1] (2013)	8,2	4,6	3,3	0,8	10,8
Effectif de bovins (millions de têtes) [13] (2014)	19,3	12,6	6,1	4,2	9,7
Effectif de porcs (millions de têtes) [13] (2014)	13,3	28,3	8,7	12,1	4,5
Effectif de volailles (millions de têtes) [14] (2013)	297,1	177,3	164,9	99,4	155,5
Quantité d'effluents produits (millions de tonnes) [15] (2010)	263,3	202,0	88,7	72,5	143,7
Soit, part de la quantité d'effluents produits dans l'Union européenne (%) [15]	19,1	14,6	6,4	5,2	10,4
Ratio « quantité d'effluents / SAU » (t/ha)	9,5	12,1	7,3	39,2	8,4

### 5.3. Allemagne

#### Encadré 1 : Messages clés pour l'Allemagne

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La biomasse agricole est principalement utilisée pour la production d'énergie et, dans une moindre mesure, pour la fabrication de bioproduits. La biomasse agricole est le principal intrant des unités de méthanisation ;</li> <li>▪ Historiquement, le maïs était utilisé de manière importante pour la méthanisation (et l'est toujours) : en 2015, 35% de la surface de maïs était utilisée à des fins énergétiques ;</li> <li>▪ L'Allemagne tend toutefois à diminuer la consommation (ou production) de maïs à des fins énergétiques ;</li> <li>▪ Les effluents d'élevage sont principalement utilisés dans les unités de méthanisation ;</li> <li>▪ L'Allemagne souhaite valoriser, pour la production d'électricité et de chaleur, la biomasse à bas coût telle que la paille et les cultures lignocellulosiques, n'entrant pas en compétition avec l'alimentation humaine et avec un impact sur l'environnement plus faible que le maïs ;</li> <li>▪ La mobilisation de la biomasse est encouragée via des instruments politiques visant spécifiquement la production de certains types de biomasse (ex. : subventions d'agriculteurs pour la production de taillis à courte rotation), l'utilisation de certains types de biomasse (ex. : subventions plus élevés ou seuils d'émissions moins contraignants pour la biomasse à favoriser selon les usages) ou l'utilisation de certaines technologies utilisant, entre autres, la biomasse agricole (ex. : obligation d'incorporation de biocarburants, obligation d'utilisation de chaleur renouvelable dans les nouveaux bâtiments) ;</li> <li>▪ L'Allemagne cherche également à optimiser les installations, notamment les installations de production de biogaz, afin d'en augmenter le rendement, et à rendre les installations plus flexibles pour la production d'énergie « à la demande » et à tester de nouvelles technologies pour la biomasse de type résidus de cultures et taillis à courte rotation.</li> </ul>
--

<sup>44</sup> En matière sèche

### 5.3.1. Etat de la mobilisation de la biomasse agricole

#### Ressource en biomasse agricole

Tableau 9 : Ressource en biomasse agricole théorique disponible en Allemagne en 2010

Type de biomasse	Sous-catégories	Volume total théorique disponible (kt)	Équivalent énergie (Mtep)
TOTAL		90 661	11,49
Cultures pérennes	Cultures ligneuses et lignocellulosiques	0	0
Cultures et surfaces en herbe	Cultures pour la production de biocarburants	8 814	2,22
	Autres cultures à vocation énergétiques (maïs fourrage)	6 890	2,60
	Lin et chanvre pour la production de biomatériaux à base de fibres	nc	nc
	Surfaces en herbe (fourrage et herbe de bord de route)	1 766	0,75
Résidus de cultures et issus de silos	Résidus de cultures annuelles	5 934	2,53
	Issus de silos	nc	nc
	Résidus de cultures pérennes	37	0,017
Haies et agroforesterie	Bois des haies et des alignements, agroforesterie	2 107	0,98
Effluents d'élevage	Effluents liquides	64 244	1,98
	Effluents solides	4 038	0,91

Ressource en biomasse en 2010 [16] :

- La biomasse d'origine agricole représentait 216 millions de tonnes, soit près de la moitié (47%) de la biomasse produite en Allemagne ;
- 82% de la biomasse agricole en masse sont des effluents d'élevage, des résidus de cultures et du bois de haies et représentent 55% de l'énergie équivalente produite ;
- Les principales ressources potentielles en masse sont les effluents d'élevage liquides (68%), suivi des cultures dédiées (10%), le maïs fourrage (8%) et les résidus de cultures (7%);
- En 2013, les cultures à vocation énergétique et industrielle (18% de la masse de biomasse agricole produite) représentaient 2.4 millions d'hectares, soit 14% de la SAU du pays [17]. En particulier, la production de maïs récolté en vert pour la méthanisation représentait 900 000 ha, soit 35% de la surface de maïs cultivée. A noter que seulement 5% du maïs grain produit était utilisé à des fins énergétiques [18];
- Les principales ressources potentielles en équivalent énergie sont le maïs fourrage (22%), les résidus de cultures (22%), les cultures dédiées (19%) et les effluents liquides (17%) ;
- La surface de lin et chanvre pour la production de biomatériaux à base de fibres s'élevait à 500 ha en 2013 [17] ;
- Les informations sur les issus de silos n'ont pas été identifiées.

Evolution future des ressources potentielles :

- Les résultats du projet européen Biomass Policies indiquent que la quantité de biomasse issue des cultures d'oléagineux devrait diminuer au profit des cultures lignocellulosiques. En 2030, ces cultures devraient devenir la principale ressource potentielle de biomasse en valeur énergétique [19] ;
- L'Agence nationale des ressources renouvelables (FNR<sup>45</sup>) estime que les cultures énergétiques et les coproduits et résidus issus de l'agriculture devraient contribuer à la production de 17,67 Mtep (740 PJ) et 7,16 Mtep (300 PJ) respectivement d'ici 2050 [17].

### **Principaux usages de la biomasse agricole**

En 2013, concernant les cultures dédiées :

- 88,3% de la surface relative aux cultures dédiées était destinée à la production d'énergie, dont [17] ;
  - 55% pour la production de biogaz (principalement du maïs fourrage) ;
  - 45% pour la production de biocarburants. Le colza en particulier représente 35% des surfaces dont la culture est dédiée à la production d'énergie. Les cultures sucrières et amidonnières pour la production de bioéthanol représentent 10% des surfaces cultivées à vocation énergétique ;
- 11,7% de la surface relative aux cultures dédiées était destinée à un usage industriel, dont [17] :
  - 49% pour leur production d'huile ;
  - 43% pour leur production d'amidon.

### **Électricité et chaleur**

En 2014, 38,2 TWh d'électricité étaient produits à partir de biomasse, tout type confondu [20] (8,2% de l'énergie produite à l'échelle nationale, 30% de l'électricité d'origine renouvelable), dont 72,2% à partir de biogaz, 4,0% à partir de biométhane<sup>46</sup>, 0,8% par cogénération à partir d'huile végétale [20] qui utilisent la biomasse agricole. Globalement, 1,21 Mtep d'électricité ont été produits par cogénération en 2014 [20].

**Pour la production d'électricité, la biomasse agricole est le principal intrant des unités de production de biogaz et de biométhane.** En 2014, 52% de la production de biogaz était issue des matières végétales et 43% des effluents d'élevage [21] qui peuvent être utilisés indépendamment ou en mélange. Concernant les végétaux, le maïs représentait 73% en masse de la biomasse utilisée pour la production de biogaz. L'ensilage d'herbe représentait 12%, les ensilages de céréales 7%, les cultures intermédiaires 2% et les résidus issus de la gestion du paysage 1% [22]. Parmi les effluents, le lisier des élevages bovins est le principal type d'effluents utilisés et représentait 61% des effluents en masse en 2014. Le lisier de porc représentait 13% des effluents [23]. L'Allemagne comptait, 8 000 unités de production de biogaz [24] en 2014 et 177 unités de production de méthane en 2015<sup>47</sup> [25].

La biomasse agricole est également utilisée pour la cogénération à partir d'huile végétale. Cependant, les unités utilisent majoritairement de l'huile de palme compte tenu de son faible coût [25].

En 2014, 129,9 TWh de chaleur étaient produits à partir de biomasse, tout type confondu, bois compris [17] (8,4% de la chaleur produite en Allemagne, 85,2% de la chaleur d'origine renouvelable [26]), dont 12,5% à partir de biogaz et 2,3% à partir d'huile végétale utilisée en cogénération [25] qui utilisent la biomasse agricole. La cogénération a permis de produire 1,56 Mtep de chaleur en 2014 [20].

### **Biocarburants**

En 2014, la consommation de biocarburants était de 3,6 millions de tonnes (5,2% des carburants disponibles), dont environ 59.5% de biodiesel, 26.6% d'éthanol et 12.2% d'huile végétale hydrogénées (HVO) [27]. La part de la biomasse agricole utilisée pour la production de biocarburant n'a pas été identifiée. En 2013, la surface

<sup>45</sup> Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe

<sup>46</sup> Le biogaz est composé majoritairement de méthane, mais aussi de dioxyde de carbone, autres gaz traces (H<sub>2</sub>S, etc.).

<sup>47</sup> Unité de production de biogaz et unité d'épuration du biogaz permettant la production de biométhane

de colza cultivée pour la production de biodiesel représentait 747 000 ha et la surface de cultures oléagineuses et sucrières pour la production de bioéthanol représentait 200 000 ha [17].

### **Matériaux biosourcés**

Pour la production de biomatériaux, la biomasse agricole est issue de cultures dédiées (lin, chanvre importé) et de bois. Les données concernant l'utilisation de biomasse agricole et les surfaces dédiées pour la production de produits biosourcés en Allemagne n'ont pas été identifiées.

En 2011, 22 500 tonnes de matières premières étaient utilisées pour la fabrication de lubrifiants. Les principales matières premières sont l'huile de tournesol (25%), l'huile de colza (25%) et l'huile de palmiste et de palme (20% et 15% respectivement) [28].

### **Chimie**

Comme pour les biomatériaux, la biomasse agricole utilisée en chimie est issue de cultures dédiées. En 2011, 12,6% des produits de l'industrie chimique étaient d'origine renouvelable, ce qui représente 2,7 millions de tonnes de matières premières [29]. Les graisses et les huiles sont les principales matières premières utilisées (44,5%, la part des huiles n'a pas été identifiée), les cultures produisant de l'amidon et du sucre représentent 10% et 4% respectivement des matières premières d'origine renouvelable [29]. Les autres types de matières premières ne sont pas clairement identifiés.

## **Orientations stratégiques et freins au développement**

### **Cultures pérennes et taillis à courte rotation**

#### *Leviers :*

- **Les taillis à courte rotation sont une réponse à la demande croissante en bois** en Allemagne [25] ;
- **La production de cultures pérennes nécessite moins d'intrants que les cultures énergétiques plus « traditionnelles » telles que le maïs.** Les impacts environnementaux sont alors plus faibles, tout en favorisant la biodiversité locale (possiblement en association avec des cultures à vocation alimentaire) [30] [31] [32] ;
- **La mise en place de contrats entre les producteurs de granulés de bois en Allemagne et les agriculteurs** pour la plantation d'espèces telles que le saule permet d'assurer l'approvisionnement en bois ainsi qu'un revenu stable à long terme pour les agriculteurs [25] ;
- Compte tenu des conditions pédoclimatiques favorables à la production de Miscanthus, **la superficie potentielle de culture de celui-ci est estimée à 4 million ha** au total, au nord, sud et ouest de l'Allemagne [33].

#### *Freins :*

- **Un prétraitement, (par oxydation par voie humide) des cultures pérennes est nécessaire pour que le rendement en énergie de la méthanisation soit compétitif avec le rendement obtenu par le maïs,** nécessitant davantage d'infrastructures et induisant un coût supplémentaire. Le bénéfice de la production de cultures pérennes à rendement en biomasse élevé resterait néanmoins plus intéressant que pour le maïs considérant les coûts de production plus élevés du maïs [34] ;
- Le principal problème lié à la combustion du miscanthus est la production de cendres qui induit une corrosion, un encrassement à basse température [35].

### **Cultures et surfaces en herbe**

#### *Leviers :*

- **L'utilisation de l'herbe ou du foin à des fins énergétiques apparaît comme un moyen de valorisation supplémentaire pour les systèmes d'élevages extensifs.** Cela contribue à maintenir les prairies compte tenu de la forte compétition entre les surfaces en herbe et les cultures. Cela participerait également à maintenir les paysages, préserver la biodiversité et protéger les sols et les cours d'eau [36].

#### *Freins :*

- **Certaines infrastructures de production d'énergie sont anciennes et leur efficacité pourrait être améliorée, notamment en ce qui concerne les installations de production de biogaz.** Néanmoins la rénovation de ces infrastructures représente un budget important qui n'est pas toujours possible de mettre en œuvre ;
- **L'utilisation d'herbe à des fins énergétiques a peu d'impacts sur le revenu des agriculteurs** en Allemagne d'après une étude réalisée par Rösch, C. et al (2009) [37] ;
- **Le rendement énergétique de la méthanisation de l'herbe est plus faible que celui d'autres cultures ou résidus tels que la paille** [36]. Augmenter le potentiel méthanogène nécessite des conditions de récolte et de stockage spécifiques possiblement contraignantes. Pour le Nord de l'Allemagne par exemple, la première coupe doit ainsi être effectuée à la fin de l'été et si possible ensilée ou faire l'objet d'un ajout d'additifs d'ensilage [38] ;
- **La combustion de foin serait à l'origine d'émissions importantes de particules [37] et d'oxydes d'azote (NOx) [39].**

### ***Résidus de cultures annuelles et issus de silos***

#### *Leviers :*

- **La paille est une matière première produite en grande quantité** en Allemagne [25] et **le moins cher des combustibles utilisés pour la production de chaleur** avec un prix de l'énergie de 73 €/tonnes de paille en 2015 [40];
- **Plusieurs usines pilotes de production d'éthanol ou de chaleur pouvant utiliser la paille comme matière première se sont développées** depuis quelques années [41];
- D'après Süd Chemie, si l'on considère qu'une unité de production d'éthanol cellulosique (capacité : 50-55 000 t par an) s'approvisionne en paille sur un rayon de 40 km, 10% de cette surface suffit pour fournir les volumes de paille nécessaires – en tenant compte de la compétition d'usage, et du maintien de la matière organique des sols [42].

#### *Freins :*

- **La ressource potentielle est incertaine** : les estimations de la ressource potentielle en masse des résidus de cultures varient significativement, de 5 934 kt tout type de résidus confondu [16] à 15 643 kt pour la paille [43]<sup>48</sup> ;
- La paille est encore peu utilisée pour l'énergie car bien que la matière première soit peu chère, **les coûts de production de chaleur, d'électricité ou de carburants à partir de paille demeurant trop élevés** [25]. Les coûts des autres types de résidus sont peu mentionnés ;
- **Les marchés sont encore peu développés pour certains types de biomasse comme la paille** : la supply chain est inexistante à ce jour et l'information sur les éventuels marchés est existante [42] ;
- **Le manque d'infrastructure pour l'utilisation de la paille** comme biomasse [42] est un frein important actuellement ;
- La **variabilité de l'approvisionnement en paille en termes de quantité et de qualité** d'une année sur l'autre et entre les régions [42] ne permet pas à ce jour de garantir une utilisation optimale des structures existantes ;
- **Le manque de données et de recommandations [42] à destination des agriculteurs pour l'utilisation optimale de la paille** au regard du maintien de la qualité des sols, des rendements et de la production d'énergie participe à la non utilisation de ces matériaux pour des usages autres que agricoles.

### ***Effluents d'élevage***

#### *Leviers :*

Le digestat issu du traitement des effluents d'élevage par méthanisation est traité par séparation et séchage dans certains états allemands. Il peut ainsi être facilement transporté et vendu comme fertilisant [44].

#### *Freins :*

<sup>48</sup> Autres données disponibles : 8 000-13 000 kt [7] et 11 700 kt (<http://www.ecofys.com/files/files/ecofys-2013-low-iluc-potential-of-wastes-and-residues.pdf>)

Le coût de transport des effluents est élevé et peut compromettre la rentabilité des unités si la quantité d'effluents d'élevage nécessaire au fonctionnement des unités de méthanisation n'est pas disponible dans un périmètre proche. A priori, ce ne concerne pas les régions de l'ancienne Allemagne de l'Est qui historiquement accueillent de grandes exploitations agricoles tournées vers l'élevage [45].

### **Haies et agroforesterie**

*Freins :*

Les plaquettes de bois issus de la taille des arbres fruitiers, des forêts et de l'entretien du paysage ne répondent pas toujours aux normes européennes relatives aux matériaux pour la combustion : la qualité du bois est parfois trop hétérogène et le taux d'humidité non optimal [46].

## **5.3.2.Stratégie et politiques publiques**

### **Cadre politique général**

Les principales politiques publiques en lien avec la biomasse agricole sont les suivantes :

- La **Stratégie Nationale pour la bioéconomie** (2013) visant à définir les bases de la transition vers la bioéconomie ;
- La **Stratégie Énergétique et Mobilité** (2013) mentionne clairement la biomasse agricole comme source d'énergie pour le secteur du transport ;
- Le **Plan d'action climat 2020** (développé en 2014) définissant des objectifs de réduction de 40% des gaz à effet de serre (GES) d'ici 2020. Ce programme vise, entre autres, le secteur de l'énergie [25] ;
- La **Loi nationale sur les énergies renouvelables** (Erneuerbare Energien Gesetz – EEG) définit les objectifs par rapport à la part d'énergies renouvelables dans l'approvisionnement : au moins 18% d'ici 2020, 40 à 45% d'ici 2025, 55 à 60% d'ici 2035 et 80% en 2050 [47].

À noter que l'Allemagne dispose d'une agence des ressources renouvelables (*Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V*, FNR).

En 2013, l'Allemagne avait réduit de 22.5% ses émissions de GES par rapport à 1990. En 2014, la part d'énergies renouvelables dans la consommation finale brute d'énergie était de 13,8% [48].

Les instruments politiques mis en place en Allemagne pour encourager l'utilisation de la biomasse et plus particulièrement de la biomasse agricole sont les suivants.

### **Présentation générale des principaux instruments politiques en lien avec la mobilisation de la biomasse**

**Tableau 10 : Synthèse des principaux instruments politiques influençant la mobilisation de la biomasse en Allemagne**

	Thématique	Type d'instrument*	Type de mécanisme	Types d'usage concernés	Types de biomasse concernés	Influence sur la mobilisation de la biomasse
<b>Instruments politiques influençant l'amont de la filière</b>						
	Paylage	Regl	Obligation	Non spécifié	Taille des haies	Moyen
	Joint Task on Agricultural Structures and Coastal Protection (Gemeinschaftsaufgabe Agrarstruktur und Küstenschutz)	Eco	Subventions	Tous	Taillis à courte rotation	Non connu
	Initiative on Sustainable Supply of Raw Materials for the Industrial Use of Biomass » (Initiative Nachhaltige Rohstoffbereitstellung für die stoffliche Biomassenutzung – INRO	Volontaire	Certification	Bioproduits	Toutes (agricoles)	Non connu
<b>Instruments politiques influençant l'aval de la filière</b>						
	Energie	Regl	Accès au réseau	Biogaz/biométhane	Non spécifié	Fort
	Energie / Transport	Regl	Obligation d'incorporation	Biocarburants	Non spécifié	Fort
	Energie	Regl	Seuils d'émissions	Chaudière à biomasse	Toutes	Non connu
	Energie / Bâtiment	Regl	Obligation d'incorporation	Chaleur d'origine renouvelable	Non spécifié	Fort
	Energie	Eco	Tarif d'achat de l'électricité	Électricité	Mais, effluents d'élevage, paille, cultures pérennes	Très fort
	Energie	Eco	Prime de flexibilité	Électricité à partir de biogaz et biométhane en cogénération	Tous	Non connu



	Thématique	Type d'instrument*	Type de mécanisme	Types d'usage concernés	Types de biomasse concernés	Influence sur la mobilisation de la biomasse
Programme d'incitation du marché (MAP)	Energie	Eco	Subventions	Chaudière	Tous, mais plutôt orienté bois	Non connu
Stratégie nationale de recherche (Nationale Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030)	Recherche	Eco	Subventions	Tous	Tous	Moyen
Fond pour l'énergie et le climat (EKF)	Energie / Climat	Eco	Subventions	Electricité, Chaleur, biofuels.	Non spécifié	Moyen
Loi sur la taxation de l'énergie (Energiesteuergesetz)	Energie	Eco	Allègement fiscal	Production d'éthanol	Paille	Non connu

\*Regl = réglementaire ; Eco = économique

## ***Instruments politiques impulsant l'amont de la filière***

### *Instruments réglementaires :*

**Fréquence de gestion du paysage - Haies et agroforesterie :** la fréquence de gestion des paysages est déterminée par le cadre légal par région. Par exemple, dans le nord de l'Allemagne, le paysage doit être entretenu une fois par an. Dans la région du Havelland, les bords de cours d'eau doivent être entretenus une à deux fois par an (uniquement pour deux tiers des cours d'eau pour des raisons économiques) [49].

### *Instruments économiques :*

**Subventions pour la culture de taillis à courte rotation (TCR) :** le programme Joint Task on Agricultural Structures and Coastal Protection (Gemeinschaftsaufgabe Agrarstruktur und Küstenschutz) propose des subventions aux agriculteurs pour la culture de TCR dans certains Landers pour la période 2014-2018. L'attribution de la subvention requiert la plantation d'au minimum 3 000 arbres par hectare et que les parcelles soient dédiées à cette culture pour une période de 12 ans [25].

### *Instruments volontaires :*

La certification de la biomasse agricole utilisée dans les produits biosourcés sur la base de critères environnementaux, sociaux et économiques via le projet « Initiative on Sustainable Supply of Raw Materials for the Industrial Use of Biomass » (Initiative Nachhaltige Rohstoffbereitstellung für die stoffliche Biomassenutzung – INRO) [50]. L'INRO a été mise en place en 2011 sur la base d'une résolution du parlement allemand et est financée par le ministère allemand de l'Agriculture et de l'Alimentation (*Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft*) ainsi que le FNR. Les critères de durabilité à respecter ont été établis par l'INRO en reprenant l'essentiel des critères de la directive EnR 2009/28/C, jusqu'alors prévus pour un usage énergie (biocarburants) uniquement, en les complétant quand cela était nécessaire. Ils prennent en compte 25 thématiques environnementales, 19 sociales et 6 économiques.

## ***Instruments politiques impulsant l'aval de la filière***

### *Instruments réglementaires :*

**Chaleur - Accès au réseau :** Il existe également en Allemagne un dispositif (GasNZV) garantissant un accès prioritaire du biométhane au réseau de gaz naturel [25]. Cela signifie que le biométhane produit peut toujours être vendu et intégré au réseau. C'est le cas dans peu de pays de l'UE. Pour les autres pays, l'accès au réseau n'est pas prioritaire et peut s'avérer complexe.

**Chaleur - Seuil d'émissions (poussières, CO, NOx, etc.) pour les chaudières à biomasse :** la loi fédérale sur la limitation des nuisances (BImSchG) [51] prévoit des critères de durabilité stricts pour les chaudières à biomasse. En particulier la loi précise quelles biomasses peuvent être brûlées dans quelles installations et donne également des seuils à respecter sur les émissions des installations lors de la combustion. Ces seuils sont moins stricts pour les petites unités de combustion de paille.

**Chaleur - Obligation d'utilisation de la chaleur d'origine renouvelable dans les nouveaux bâtiments :** réglementation EEWärmeG. La part d'énergies renouvelables dépend du type d'énergie. Elle est notamment de 30% pour la chaleur (cogénération) issue de biogaz ou biométhane [25]

**Biocarburants - Incorporation de biocarburants dans le secteur du transport :** La loi fédérale sur la limitation des nuisances (*Federal Immission Control Act - BImSchG*) imposait par le passé un taux d'incorporation de biocarburants de 6,5% (en quantité d'énergie) dans le secteur des transports. Depuis 2015, un nouveau dispositif est entré en vigueur, il y a désormais une obligation pour les producteurs de carburants de réduire les émissions de GES de leurs produits de 3,5 % (4% en 2017 et 6% en 2020) [52]. Le soutien aux biocarburants se fait donc à présent de manière indirecte.

### *Instruments économiques :*

**Electricité - Tarifs d'achat de l'électricité renouvelable :** La loi nationale sur les énergies renouvelables (*Erneuerbare Energien Gesetz – EEG*) propose un prix fixe pour chaque Kwh d'énergies renouvelables apporté au réseau d'électricité. Ces tarifs dépendent du type d'énergie, de la technologie de conversion et de la taille de l'installation.

- Ils ont été mis en place en 2004 pour l'énergie produite à partir de maïs et 2009 pour les effluents d'élevage, la paille et les cultures pérennes. La mise en place de ces tarifs a eu pour effet une augmentation continue de la production de biogaz entre 2004 et 2012 [19] ;
- En 2012, afin de réduire les coûts de promotion de l'énergie renouvelable [53], les tarifs associés aux effluents d'élevage et les cultures pérennes ont été supprimés et les quantités de maïs pouvant être utilisées ont été limitées (60% max). Ceci, entre autres facteurs, a eu pour effet de diminuer le taux d'installation et la taille des usines de production de biogaz ;

- En 2014, le tarif d'achat lié à la paille a été supprimé, le tarif de rachat de l'électricité a été réduit et est applicable à 100 MW d'énergie issue de biomasse produits par an maximum. A la suite de cette modification de la loi, le nombre de nouvelles unités a baissé massivement [54]. A noter que le prix d'achat de l'énergie est plus élevé pour les petites unités que pour les grandes (> 100 kW) et pour les petites unités (capacité < 75 kW) utilisant plus de 80% d'effluents d'élevage<sup>49</sup>.

**Electricité – Prime favorisant la flexibilité des unités :** Dans le cadre de l'EEG, les producteurs de biogaz et biométhane peuvent recevoir une prime pour la mise en place d'infrastructures pour la production d'électricité « à la demande » et non plus sur une base régulière.

**Chaleur - Support à la réduction des émissions de GES et à l'amélioration de l'efficacité des unités de production :** le Programme d'incitation du marché (MAP), créé en 2000, accorde une subvention aux chaudières dont l'efficacité est de plus de 89% et émettant moins de 200 mg CO/m<sup>3</sup> de gaz produit. 365 000 unités ont reçu le bonus depuis sa création [25]

**Biocarburants - Allègement fiscale :** La loi sur la taxation de l'énergie (Energiesteuerengesetz) mise en place en 2003 propose un allègement fiscale pour la production d'éthanol à partir de paille.

Subvention de la recherche en faveur du développement de nouvelles technologies permettant, entre autres, une meilleure valorisation de la biomasse : la Stratégie nationale de recherche (*Nationale Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030*) a permis de débloquer 4 milliards d'euros de subventions pour la période 2010-2016.

**Subventions visant à réduire les émissions de GES des bioénergies et à optimiser les infrastructures :** le Fond pour l'énergie et le climat (EKF) a débloqué 24 millions d'euros d'aides en 2015 pour la bioénergie.

## Retour d'expérience sur les instruments politiques mis en œuvre

### Facteurs clés de succès

Trois types d'actions sont mises en place par l'Allemagne pour favoriser la mobilisation de la biomasse :

- Encourager spécifiquement certaines productions comme les taillis à courte rotation en mettant en place des instruments ciblant l'amont de la filière ;
- Orienter l'utilisation de certains types de biomasse agricole, via :
  - la mise en place de tarifs d'achats spécifiques (ex : suppression du tarif d'achat pour le maïs, tarifs plus élevés pour les petites unités utilisant plus de 80% d'effluents d'élevage) ;
  - des seuils d'émissions (poussières, CO, NO<sub>x</sub>, etc.) moins contraignants pour les chaudières à biomasse de moins de 100 kW utilisant de la paille [51] (BlmSchG);
  - Indirectement, les subventions de recherche pour le développement de bioénergies émettant moins de GES que leurs homologues traditionnels. Ces subventions favorisent notamment l'utilisation de cultures pérennes ou d'herbe.
- Encourager certains technologies utilisant, entre autres, la biomasse agricole au travers de :
  - La facilité d'accès au réseau de gaz naturel pour le biométhane favorisant la production de biogaz ;
  - L'obligation d'utiliser de la chaleur d'origine renouvelable dans les nouveaux bâtiments. Le succès de cette aide est dû à son mécanisme d'attribution simple et à une procédure d'approbation très rapide [25] ;
  - L'obligation pour les producteurs de carburant de réduire les émissions de GES de leurs produits.

A noter que les instruments mis en place sont moins contraignants ou offrent des subventions plus importantes pour les petites unités de production. L'Allemagne cherche également à encourager la flexibilité des unités de production pour les productions d'énergie ponctuelles « à la demande ».

### Difficultés rencontrées

En ce qui concerne l'amont de la filière :

<sup>49</sup> Ces tarifs dépendent du type d'énergie, de la technologie de conversion et de la taille de l'installation.

- **La compétition d'usage de la biomasse telle que la paille ou les effluents** peut être un frein à leur utilisation à des fins énergétiques ou de biomatériaux [42]. L'utilisation de ces matériaux pour le maintien de la fertilité des sols est prioritaire dans la législation (EEG).

En ce qui concerne l'aval :

- **La suppression des tarifs d'achat pour l'énergie produite à partir de paille** peut décourager l'utilisation de la paille à des fins énergétiques pour des raisons de rentabilité [25] ;
- A l'inverse, **les tarifs d'achat de l'énergie semblent peu influencer la production de cultures pérennes** [19]. Les cultures pérennes demandent en effet une implication à long terme des agriculteurs qui réagissent plutôt aux stimulations du marché sur une base annuelle [25] ;
- **L'utilisation de la biomasse agricole peut être limitée par les régulations environnementales.** Par exemple, les régulations impliquant des seuils stricts en matière d'émissions de particules peut défavoriser les petites installations de combustion (c'est le cas pour l'herbe par exemple) [25] ;
- **Les législations en matière d'hygiène et de sécurité peuvent également influencer l'utiliser de la biomasse.** C'est le cas par exemple des effluents agricoles traités par méthanisation dont le devenir du digestat peut parfois poser problème s'il ne satisfait pas les normes en vigueur [25].

## 5.4. Italie

### Encadré 2 : Messages clés pour l'Italie

- Les principales ressources de biomasse agricole sont les résidus de cultures annuelles et les effluents d'élevage.
- La biomasse agricole est majoritairement utilisée pour la production d'électricité. La production de biocarburants utilise principalement des ressources importées (pour les biocarburants de 1G). L'Italie a la première unité de production d'éthanol cellulosique (biocarburants de 2G) d'Europe (capacité de production de 40 kt/an) valorisant essentiellement de la paille de blé. Les secteurs de la chimie verte et des produits biosourcés sont encore peu développés en Italie.
- La production d'électricité et de chaleur à partir de biomasse agricole est soutenue par des tarifs de rachat d'électricité renouvelable très intéressants (même pour les centrales de petite taille) et différents types de subventions et d'allègements fiscaux.
- L'Italie souhaite diminuer la production de biogaz à partir de cultures dédiées en se concentrant principalement sur une production à partir de déchets agricoles, notamment des effluents d'élevage.

#### 5.4.1. État de la mobilisation de la biomasse agricole

##### Ressource en biomasse

Tableau 11 : Ressource en biomasse agricole théorique disponible en Italie en 2010

Type de biomasse	Sous-catégories	Volume total théorique disponible (kt )	Équivalent énergie (Mtep)
TOTAL		33 117	4,06
Cultures pérennes	Cultures ligneuses et lignocellulosiques	0	0
Cultures et surfaces en herbe	Cultures pour la production de biocarburants	486	0,11
	Autres cultures à vocation énergétiques (maïs fourrage)	24	0,008
	Lin et chanvre pour la production de biomatériaux à base de fibres	Nc	Nc
	Surfaces en herbe (herbe de bord de route)	359	0,16
Résidus de cultures et issus de silos	Résidus de cultures annuelles	2112	0,90
	Issus de silos	Nc	Nc
	Résidus de cultures pérennes	967	0,38
Haies et agroforesterie	Bois des haies et des alignements, agroforesterie	1 419	7 647

Effluents d'élevage	Effluents liquides	22 421	8 321
	Effluents solides	5 329	13 965

Ressource en biomasse en 2010 [16] :

- Les principales ressources potentielles en masse sont les effluents d'élevage solides (37%) et liquides (17%), les résidus de cultures annuelles (20%) et les résidus de l'agroforesterie et de la taille des haies et des alignements (13%) ;
- Les principales ressources potentielles en équivalent énergie sont les effluents d'élevage solides (29%) et liquides (18%), les résidus de cultures annuelles (22%) et les résidus de l'agroforesterie et de la taille des haies et des alignements (16%) ;
- Les principaux résidus de cultures annuelles sont : paille issue de cultures céréalières, canne de maïs, paille de riz, résidus de betterave sucrière, chaume de colza et tournesol ;
- Les effluents d'élevage sont principalement issus des élevages bovins et porcins ;
- En 2012, les cultures annuelles dédiées à la production d'énergie représentent 3,27 millions d'ha, soit 26% de la SAU, 59% de la surface de cultures dédiées à l'énergie correspond aux cultures de blé, 30% aux cultures de maïs, 5%, 3% et 2% aux cultures de soja, colza et betterave sucrière respectivement [55] ;
- Pour les cultures pérennes, la production est encore très faible. Les taillis à courte rotation représentent 0,2% de la surface dédiées [55]. Le miscanthus occupe seulement 50 à 100 ha. Pour les cultures pérennes, peuplier et saule, les surfaces sont un peu plus significatives : 5490 ha et 670 ha respectivement.

Evolution future des ressources potentielles :

- L'étude « Biomass policies » estime que la production de betteraves sucrières et de cultures lignocellulosiques devrait augmenter de manière importante d'ici 2030 [16], afin d'alimenter la production de biocarburants 2G. Les cultures lignocellulosiques devraient devenir de loin la principale ressource potentielle de biomasse en valeur énergétique [16]. La production actuelle est de 170 kt de biomasse sèche an de sorgho, miscanthus, arundo donax, panic érigé (switchgrass) [56] et devrait atteindre 15 800 kt en 2030, soit 31% de la biomasse agricole utilisée [16] ;

### **Principaux usages de la biomasse agricole**

La biomasse, tout type confondu, est la deuxième source d'énergie renouvelable en Italie (à égalité avec l'éolien), avec 12% de l'énergie produite et derrière l'hydraulique représentant 66% [57].

#### **Électricité et chaleur**

En 2013, la production d'électricité à partir de biomasse correspondait à 1,47 Mtep, représentant environ 15% de l'électricité d'origine renouvelable produite, en hausse de 36,9% par rapport à 2012 [58].

L'électricité produite à partir de biogaz, de la biomasse solide et de la biomasse liquide représentent respectivement 43.6%, 34.4% et 22.0% de l'énergie produite [59].

Les bioliquides utilisés pour la production d'électricité étaient majoritairement de l'huile de palme importée d'Indonésie en 2013. L'Italie produisait moins de 15% des bioliquides utilisés [58].

En 2013, la production de chaleur à partir de la biomasse représentait 0,82 Mtep, essentiellement issue des unités de cogénération [58]. La biomasse agricole est peu utilisée pour cet usage, la principale source de biomasse utilisée étant la biomasse solide dérivée du bois.

En 2013, il existait 1 054 usines de production de biogaz dont 994 sont gérées par des agriculteurs exploitant des cultures énergétiques et/ou disposant d'effluents d'élevage [60]. La plupart de ces installations se situent dans la région du nord de l'Italie, notamment la vallée de Pô caractérisée par une production intensive de bétail et de cultures céréalières [61]. En 2014, parmi les installations de production de biogaz utilisant la biomasse d'origine agricole, 62,2% des installations utilisaient à la fois des effluents d'élevage et des cultures énergétiques, 20,1% utilisaient uniquement des effluents d'élevage et 17,7% uniquement des cultures énergétiques [61].

En 2013, l'entreprise CPL Concordia a inauguré la plus grande unité de production de biogaz à partir de biomasse agricole. Répartie sur neuf hectares, l'unité peut générer 32 000 MWh, alimentant ainsi 10 000 foyers par an [62]. La biomasse agricole est collectée dans un rayon de 20km autour de l'unité, couvrant 1 500 ha de terres agricoles [63].

### **Biocarburants**

L'Italie est le 4ème pays européen consommateur de biocarburants avec 1,07 Mtep de biocarburants consommés en 2014 : la consommation de biodiesel s'élevait à 1,06 Mtep soit 99% de la consommation de biocarburants totale et la consommation de bioéthanol s'élevait à 0,008 Mtep. L'ensemble des biocarburants sont certifiés durables [60].

L'Italie est pionnière en Europe dans la valorisation de la cellulose des résidus de cultures pour la production d'éthanol – [64]. Il n'y a pas de fabrication de biocarburants à partir de biogaz [60].

Les cultures dédiées à la production de biocarburants sont majoritairement les céréales pour l'éthanol et les huiles de colza et de tournesol pour le biodiesel [65]. A noter que 77% des biocarburants sont produits à partir de matières premières agricoles importées [58] La production de cultures énergétiques pour les biocarburants ne représentent que quelques milliers d'hectares, majoritairement localisés dans la Plaine du Po [55].

Beta Renewables (groupe MG Chemicals) en partenariat avec Novozymes produit commercialement de l'éthanol cellulosique (1ère unité en Europe – parmi les 4 premières construites dans le monde) depuis 2013 à Crescentino à partir de paille de blé et d'arundo donax. La capacité installée est de 40 kt d'éthanol / an. L'unité a également une capacité de 15 MW pour la production d'électricité renouvelable – un coproduit du procédé de conversion de la biomasse. La production réelle de cette unité n'est pas connue. Les matières premières sont : paille de blé et canne de Provence (arundo donax)<sup>50</sup>.

Le producteur ENI développe des bioraffineries biodiesel de type HVO, l'une produisant 300 000 tonnes à Venise, et un autre projet en cours à Gela en Sicile avec une capacité de production de 750 000 tonnes de biodiesel HVO. Elles seront alimentées dans un premier temps avec de l'huile de palme importé. L'objectif sera de remplacer progressivement l'huile de palme avec de l'huile issu des graisses animales et des algues (à plus long-terme) [60].

### **Produits biosourcés**

Beta Renewables a plusieurs projets R&D pour la production de molécules (intermédiaires chimiques) de plus haute valeur ajoutée comparée à l'éthanol. L'unité de production de Beta Renewables n'est que partiellement rentable, grâce à des tarifs favorables pour le rachat de l'électricité exporté sur le réseau<sup>51</sup>. Reverdia (Joint Venture DSM / Roquette) a construit la première unité commerciale d'acide succinique biosourcé à Cassano Spinola avec une capacité de 10 Kt/an. La matière première utilisée : sucres de première génération (sirop de glucose produit à partir du maïs ou de la betterave). Reverdia serait prêt à utiliser des sucres issus de cultures lignocellulosiques (sucres destinées à la production de biocarburant de deuxième génération) si la rentabilité économique est démontrée<sup>52</sup>.

## **Orientations stratégiques et freins au développement**

### **General**

*Freins :*

- **La collecte de la biomasse est parfois difficile** en raison du nombre important de fermes de petites tailles et des possibles difficultés d'accès à la biomasse : parcelles en pente, routes peu accessibles [66].

### **Cultures pérennes**

*Leviers :*

<sup>50</sup> Communication personnelle – Michael O'Donohue (Professeur, INRA, INSA Toulouse)

<sup>51</sup> Communication personnelle – Michael O'Donohue (Professeur, INRA, INSA Toulouse)

<sup>52</sup> Communication personnelle – Marcel Luben (CEO, Reverdia)

- **L'existence en Italie d'unités de transformation pionnières** comme celles de Beta Renewables (biocarburants, chimie) et de Reverdia (chimie) sont un important levier pour la mise en place et la pérennisation de cultures énergétiques ;
- **L'évolution des critères de durabilité** pour les biocarburants incluant un critère lié à l'utilisation exclusive de matières premières cultivées sur des terres non destinées à la production d'aliments est considéré comme un levier pour l'utilisation des cultures pérennes.

### **Résidus de cultures**

#### *Freins :*

- Concernant les résidus de cultures annuelles et pérennes, les coûts de récupération, de conditionnement et de transport des résidus représentent le principal facteur limitant le développement de la filière de valorisation de la biomasse [67] ;
- La **présence d'impuretés dans les résidus de culture** (ex : terre) **diminue fortement le rendement d'éthanol produit** par Beta Renewables à partir de paille de blé et de canne de Provence (inhibiteurs des procédés de conversion biochimiques)<sup>53</sup>.

### **Cultures annuelles et surfaces en herbe**

#### *Leviers :*

- Les cultures sur les zones marginales et les sols dégradés en Italie sont envisagées pour le développement de ressources exploitables pour la production de biogaz [68].

#### *Freins :*

- La production de biodiesel repose essentiellement sur l'importation de matières premières. Cela est dû à la faible surface dédiée aux cultures énergétiques dédiées aux biocarburants en Italie et le marché interne peu développé entre les exploitants agricoles et les industries de fabrication de biocarburants qui est telle que ces **industries auront davantage intérêt à importer les produits agricoles** [55] ;
- L'utilisation des cultures énergétiques (betterave sucrière, blé, maïs) dans le secteur des biocarburants est très peu développée du fait de la présence limitée des systèmes de valorisation de la biomasse agricole pour la production de biocarburants de première génération [67] ;
- Le **développement de la certification des biocarburants durables est perçu comme une contrainte** pour la production de cultures dédiées à l'énergie. La Directive Européenne relative aux énergies renouvelables (EnR) s'engage en effet à assurer l'équilibre écologique et la réduction des impacts sur la biodiversité à travers le développement de la certification des biocarburants durables en soutenant des pratiques agricoles plus respectueuses de l'environnement (réduction des pesticides et fertilisants...) [65].

### **Bocage et agroforesterie**

#### *Freins :*

- Les résidus de la taille d'arbres fruitiers sont très peu utilisés à des fins énergétiques, car la pratique courante est de brûler les résidus sur l'exploitation. En Italie, 20% des branches de noisetiers sont utilisées localement comme combustible pour les feux de bois et 10%, sont commercialisées pour l'énergie. Dans la région des Pouilles, 80% des résidus de plantations de citrons peuvent également être vendus pour alimenter les feux de bois [69].

## **5.4.2.Stratégie et politiques publiques**

### **Cadre politique général**

Les principales politiques publiques en lien avec la biomasse agricole sont les suivantes :

- La **Stratégie Nationale pour les énergies renouvelables** (2008) [70] visant à définir les bases de la politique nationale en matière d'énergie. Les objectifs fixés pour 2020 sont :
  - Atteindre une part globale d'énergie renouvelable de 17% ;

<sup>53</sup> Communication personnelle – Michael O'Donohue (Professeur, INRA, INSA Toulouse)



- Atteindre une part de 32% (modification suite au décret du 11 Avril 2012, passant de 26,4 à 32%) d'énergies renouvelables dans le secteur de l'électricité, la part de la biomasse devant représenté 19% des sources d'énergies renouvelables ;
- Atteindre une part de 17% d'énergies renouvelables dans le secteur de production de chaleur, la part de la biomasse devant représenté 54% des sources d'énergies renouvelables ;
- Atteindre une part de 6,4% d'énergies renouvelables dans le secteur des transports.
- La **Stratégie Nationale pour limiter les émissions de gaz à effet de serre** (2002), définit les objectifs de l'Italie en termes de réduction de GES. D'ici 2020, l'Italie doit réduire de 13% ses émissions de gaz à effet de serre par rapport aux émissions de GES en 2005, d'après la loi du 4 juin 2010 [71];
- Le **Plan National pour les biocarburants et la biomasse** (2000), vise à promouvoir l'utilisation de la biomasse pour la production de carburants [72] ;
- Le décret appliqué en Italie, transposant la Directive des Energies Renouvelables, impose d'atteindre une part de 10% de biocarburants dans la production de carburant totale [73].

En 2014, la part d'énergies renouvelables dans la consommation finale brute d'énergie était de 17,1% [74]. En 2011, l'Italie avait largement dépassé l'objectif relatif à la part d'électricité renouvelable, fixé à 19,6% pour 2011, en atteignant 23,5% de part d'électricité d'origine renouvelable, principalement grâce à l'énergie hydraulique [59]. En 2013, l'Italie avait réduit de 15.0% ses émissions de GES par rapport à 1990 [74]. Les instruments politiques mis en place en Italie pour encourager l'utilisation de la biomasse et plus particulièrement de la biomasse agricole sont décrits dans les sections suivantes.

#### ***Présentation générale des principaux instruments politiques en lien avec la mobilisation de la biomasse***

**Tableau 12 : Synthèse des principaux instruments politiques influençant la mobilisation de la biomasse en Italie**

Nom	Thématique	Type d'instrument*	Type de mécanisme	Types d'usage concernés	Types de biomasse concernés	Influence sur la mobilisation de la biomasse
Instruments politiques influençant l'amont de la filière						
Autorisation de brûler les résidus	Agriculture	Regl	Obligation	Feu en plein air	Paille, résidus de taille	Négatif
Instruments politiques influençant l'aval de la filière						
Priorité d'accès au réseau	Electricité	Regl	Accès au réseau	Electricité renouvelable	Non spécifié	Moyen
Obligation d'utilisation d'électricité et de chaleur d'origine renouvelable dans les nouveaux bâtiments	Energie/Bâtiment	Regl	Obligation d'incorporation	Electricité et chaleur d'origine renouvelable	Non spécifié	Fort
Obligation de développement d'un plan Energie régional	Energie	Regl	Développement de stratégie	Chaleur	Non spécifié	Faible
Incorporation de biocarburant dans le secteur des transports	Transport	Regl	Obligation d'incorporation	Biocarburants	Non spécifié	Fort
Tarif d'achat de l'électricité renouvelable : - Par vente directe - par le biais d'un intermédiaire - par facturation nette	Electricité	Eco	Subventions	Electricité à partir de biogaz et de biomasse	Non spécifié	Fort
Green certificates	Energie	Eco	Subventions	Electricité à partir de sources	Non spécifié	Non connu

					renouvelables, biogaz...			
Subventions pour la production de chaleur renouvelable	Energie	Eco	Subventions	Chaleur	Non spécifié	Moyen		
Différenciation des tarifs suivant les substrats	Energie	Eco	Subventions	Electricité, chaleur	Cultures énergétiques, effluents d'élevage	Non connu		
Subvention par le fond de Kyoto	Energie	Eco	Subventions	Chaleur, biogaz	Non spécifié	Moyen		
Tarif premium pour les installations de cogénération	Energie	Eco	Subventions	Chaleur en cogénération	Cultures énergétiques, effluents d'élevage	Non connu		
Formation des installateurs	Energie	Volontaire	Formation	Energie renouvelable, produite à partir de biomasse notamment	Non spécifié	Non connu		
Mise en place d'un groupement de recherche	Chimie/Recherche	Volontaire	Groupement/recherche	Chimie	Tout type	Non connu		

\*Regl = réglementaire ; Eco = économique

## ***Instruments politiques impulsant l'amont de la filière***

### *Instruments réglementaires :*

**Résidus agricoles – autorisation de brûler les résidus** : depuis 2014, un décret permet de se débarrasser de résidus d'agriculture (paille, herbes, résidus de taille...) en feu de plein air, qui ne sont donc pas valorisés. Ils doivent pour cela être brûlés en petit tas et la quantité ne doit pas dépasser 3 m<sup>3</sup>/ha par jour [69]. C'est la méthode de gestion la plus courante en Italie.

## ***Instruments politiques impulsant l'aval de la filière***

### *Instruments réglementaires :*

**Electricité – Priorité d'accès au réseau** : l'électricité d'origine renouvelable a un accès prioritaire au réseau, sous réserve que son prix soit équivalent au prix du marché de l'électricité [75].

**Electricité et chaleur - Obligation d'utilisation d'électricité et de chaleur d'origine renouvelable dans les nouveaux bâtiments** : tout nouveau bâtiment public doit disposer d'une source d'énergie renouvelable, représentant au moins 10% de l'énergie consommée pour les bâtiments publics [76].

**Chaleur – Obligation de développement d'un plan Energie régional** : les réseaux de chaleur sont gérés au niveau local. Les municipalités de plus de 50 000 habitants ont l'obligation de proposer un plan de développement du réseau de chaleur, avec pour objectif d'augmenter la production d'énergie d'origine renouvelable [76].

**Biocarburants – Incorporation de biocarburant dans le secteur des transports** : en 2015 l'objectif d'incorporation des biocarburants dans les carburants était de 5% en contenu énergétique [77]. Le décret du 10 Octobre 2014 a annoncé une incorporation obligatoire pour les biocarburants avancés, l'Italie est le premier pays de l'UE à fixer un taux d'incorporation obligatoire pour ce type de biocarburants. En 2018, l'essence et le gazole devront contenir au moins 1,2% de biocarburants avancés, ce taux devra atteindre 2% en 2020 [60].

### *Instruments économiques :*

Tarif de subventionnement y compris pour les petits projets d'utilisation de ressources renouvelables pour la production d'électricité et de chaleur [59].

Electricité – tarif d'achat de l'électricité renouvelable :

- **Par vente directe** : les installations d'une puissance de 1 kW et 1 MW produisant de l'électricité à partir de ressources renouvelables peuvent vendre directement l'électricité produite et choisir entre les tarifs (*Tariffa onnicomprensiva*) qui suivent et le tarif premium : biogaz : € 140 et € 236 par MWh. (pendant 20 ans), biomasse : € 180 and € 257 par MWh [78] ;
- **Par le biais d'un intermédiaire** : les producteurs d'électricité souhaitant vendre leur énergie par le biais d'un intermédiaire, le Gestionnaire de Service de l'Electricité (GSE), peuvent choisir entre le tarif minimum déterminé par l'autorité énergie (Ritiro Dedicato) et le prix du marché (Ritiro Dedicato). Cela correspond à la régulation du prix de vente de l'électricité [79] ;
- **Par facturation nette (*Scambio sul posto*)** : Le principe de facturation repose sur l'équilibre entre l'énergie subventionnée et consommée. Il s'applique lorsque la capacité de la centrale électrique est entre 20 et 200 KW [80].

**Electricité - Green certificates** : les « certificats verts » atteste de la production de 1 MWh d'énergie à partir de ressources en énergie renouvelable. Il s'agit d'incitations financières pour les centrales électriques, notamment les usines de biogaz ayant une capacité de plus de 1MWe [59]. Au prix de l'électricité vendue sur le réseau est rajouté le prix du certificat, qui, en 2010, est de 88€/MWh. En 2012, environ 2 millions de Green certificates ont été alloués dans le secteur de production de l'énergie à partir de biomasse [55]. Ces certificats ne sont plus délivrés depuis juin 2016.

**Chaleur – Subventions pour la production de chaleur renouvelable (*Conto Termico*)** : subventionne les petites sources de production de chaleur à partir de ressources en énergies renouvelables. L'incitation financière concerne notamment les utilisations de biomasse, elle peut durer entre 2 et 5 ans [78]. Le budget disponible total est de 200 millions d'euros pour le secteur public et 700 millions d'euros pour le secteur privé [81].

**Chaleur - Subventions par le fond de Kyoto** : ces subventions concernent les projets d'utilisation de la biomasse et de biogaz dans la production de chaleur. Le montant total du fond est de 600 millions EUR et se répartit sur les années 2012 à 2014 [78].

**Electricité et chaleur – tarifs d'achat premium pour les installations de cogénération** à partir de cultures énergétiques, ou de cogénération pour le chauffage urbain à partir de sous-produits animaux [82].

### *Instruments volontaires :*

Mobilisation de la biomasse agricole : état de l'art et analyse prospective Page 140 sur 184

**Chimie verte – mise en place d’un groupement de recherche** (*Italian Cluster for Green Chemistry*) : groupement d’organismes et de projets afin de promouvoir l’industrie de la chimie verte italienne et d’assurer la cohérence des recherches [83].

**Electricité – Formation des installateurs** : une formation spécifique pour les installateurs d’unités de production d’électricité d’origine renouvelable, incluant l’énergie produite à partir de biomasse, a été proposée [84].

### *Retour d’expérience sur les instruments politiques mis en œuvre*

#### **Facteurs clés de succès**

- **La politique tarifaire en place en 2013 favorise le développement de petites installations** (jusqu’à 600 kW de capacité) et **privilégie le biogaz issu de l’utilisation des sous-produits et déchets agricoles** (notamment les effluents d’élevage) plutôt que celui issu de cultures énergétiques dédiées. Les effets ont été visibles en 2013 avec la diminution de la taille moyenne des installations de production de biogaz et de la production : la puissance additionnelle des nouvelles installations biogaz (tous gisements) est passée de 570 MW en 2012 (pour 684 unités) à 46 MW en 2013 (pour 140 unités) [85] ;
- **Le gouvernement étudie la proposition d’un tarif d’achat pour favoriser la production de biométhane (biogaz purifié) destinée aux véhicules roulant au Gaz Naturel pour Véhicules (GNV), à la cogénération ou à l’injection dans le réseau de gaz naturel.** Le montant de la rémunération n’est pas encore établi, mais selon le site QualEnergia, il devrait être aux alentours du double du prix du gaz naturel, assorti d’un contrat d’achat d’une durée de 20 ans. L’objectif du gouvernement est de favoriser la production à terme de 5 à 8 milliards de m<sup>3</sup> de biométhane chaque année [85].

#### **Difficultés rencontrées**

- **La réduction des tarifs d’achat de l’énergie produite à partir de biogaz depuis 2013 (entre 10 et 30% selon les segments) et l’instauration une politique de quotas** ont été mis en place par le gouvernement italien afin réduire sa filière biogaz et lutter ainsi contre le changement d’affectation des sols. Les nouvelles centrales exploitant de la biomasse ont vu leur puissance cumulée diminuer sur les nouvelles installations passant de 170MW à 160MW pour 2014 et 2015 [85] ;

**Le décret permettant de se débarrasser de résidus d’agriculture (paille, herbes, résidus de taille...) en feu de plein air peut être considéré comme un frein à une valorisation optimisée des résidus agricoles.** Les quantités concernées sont néanmoins faibles [69] [16].

## **5.5. Pays Bas**

### **Encadré 3 : Messages clés pour les Pays-Bas**

- **Les Pays-Bas sont un pays avec une superficie moins importante que les autres pays étudiés et une SAU par habitant relativement faible. L’agriculture est particulièrement intensive et la croissance de productivité est rapide et durable, notamment à l’échelle des fermes. La densité des animaux d’élevage y est très élevée et les effluents d’élevage constituent de loin la source principale de biomasse agricole du pays.**
- **Aux Pays-Bas, la biomasse agricole est valorisée principalement via la méthanisation. Elle représente toutefois une faible part de la biomasse utilisée pour la production d’électricité et de chaleur.**
- **Des outils politiques permettent de favoriser la mobilisation de la biomasse dans différentes utilisations : le secteur de l’énergie à l’aide des mesures de développement des énergies renouvelables (subventions SDE et SDE+), des biocarburants (mélange obligatoire de biocarburants au sein du carburants) et de nouveaux secteurs de la bio-économie (« green deals » permettant de faciliter la mise en place de projets innovants, subventions diverses : Contrats de Performance à l’Innovation...).**

## 5.5.1. État de la mobilisation de la biomasse agricole

### Ressource en biomasse

Tableau 13 : Ressource en biomasse agricole théorique disponible aux Pays-Bas en 2010

Type de biomasse	Sous-catégories	Volume total théorique disponible (kt)	Équivalent énergie (Mtep)
TOTAL		3 521	1,37
Cultures pérennes	Cultures ligneuses et lignocellulosiques	0	0
Cultures et surfaces en herbe	Cultures pour la production de biocarburants	142	0,024
	Autres cultures à vocation énergétiques (maïs fourrage)	52	0,019
	Lin et chanvre pour la production de biomatériaux à base de fibres	Nc	Nc
	Surfaces en herbe (herbe de bord de routes)	130	0,058
Résidus de cultures et issus de silos	Résidus de cultures annuelles	140	0,056
	Issus de silos	Nc	Nc
	Résidus de cultures pérennes	Nc	Nc
Haies et agroforesterie	Bois des haies et des alignements, agroforesterie	301	0,0008
Effluents d'élevage	Effluents liquides	1 199	0,79
	Effluents solides	25 030	0,27

Source : [16] :

#### Ressource en biomasse

- Les principales ressources potentielles en équivalent énergie sont les effluents d'élevage (78%), les bois des haies et des alignements (10%), l'herbe de bord de route (4%) et les résidus de cultures annuelles (4%) ;
- Les Pays-Bas sont le deuxième producteur de résidus de luzerne en masse avec des rendements de 24 t/ha et 36 t/ha respectivement [86] ;
- Les cultures d'oléagineux sont relativement faibles aux Pays Bas. Les graines de colza sont produites en basse quantité, elles correspondent cependant à la principale source de biomasse produite sur le territoire et issues de cultures d'oléagineux. En 2010, la production d'huile de colza à des fins énergétiques s'élevait à 11,5 Kt pour 1390 ha [87] ;
- En 2011, la production de cultures lignocellulosiques correspondait uniquement à la culture de Miscanthus et s'élevait à 90 ha [88] ;
- La surface de lin et de chanvre destinée à la production de fibres correspondait environ à 1 000ha en 2013 [89] ;
- La production de biomasse issue de la taille est marginale aux Pays-Bas et principalement issue de la taille des arbres fruitiers [69] ;
- Les informations sur les issus de silos n'ont pas été identifiées.

Evolution future des ressources potentielles :

- Les résultats du projet Européen Biomass Policies indiquent une augmentation de la production de cultures annuelles, sucrières et oléagineuses, ainsi que les cultures pérennes, les autres types de biomasse agricoles restant stables. En particulier, les cultures pérennes devraient augmenter sensiblement de 2020 à 2030, devenant la deuxième ressource en biomasse agricole en valeur énergétique après les effluents d'élevage. Ces cultures concernent, pour les herbacées, le miscanthus, le panic érigé et le phalaris faux roseau, et pour les espèces ligneuses, le saule et le peuplier [90].

## **Principaux usages de la biomasse agricole**

### **Électricité et chaleur**

En 2012, 0,61 Mtep d'électricité ont été produits à partir des différents types de biomasse. Cela représentait 6,2% de l'énergie totale consommée sur le territoire et 59,5% de l'électricité d'origine renouvelable [91]. Pour la production d'électricité, la biomasse agricole est utilisée presque exclusivement en méthanisation [87] qui représentait seulement 15% de l'énergie produite.

En 2012, 0,77 Mtep de chaleur ont été consommés à partir des différents types de biomasse, ce qui correspondait à 2,8% de la chaleur totale consommée aux Pays-Bas et 82,1% de la chaleur d'origine renouvelable. Comme pour l'électricité, la biomasse agricole est utilisée pour la production de biogaz qui représente 10% de la chaleur consommée [91].

En 2010, la biomasse agricole représentait 2% de la biomasse utilisée en co-combustion [87]. La quantité d'énergie produite à partir de cultures pérennes par combustion est très faible, notamment par comparaison avec l'énergie produite à partir de la combustion de bio déchets ménagers [87] ;

Les effluents d'élevage sont la principale source de biomasse pour la production de biogaz et représentent 60 % de l'électricité produite et 40% de la chaleur produite [87]. Les autres types de biomasse utilisés pour la méthanisation sont les déchets municipaux et de STEP.

En 2013, la production de biogaz est pratiquée au sein des 252 usines de digestion, dont 105 unités à la ferme permettent de fabriquer du biogaz à partir de sources agricoles, principalement les effluents d'élevage et les cultures énergétiques [92]. La répartition de l'utilisation des biogaz en 2013 correspondait à 63% au secteur de la chaleur (réseau de gaz naturel)<sup>54</sup> et 35% au secteur de l'électricité. Le reste permettant la fabrication de méthane destiné au secteur des transports [93].

D'après le Green Gas Roadmap, d'ici 2030, les unités de production de biogaz seront principalement des unités utilisant tout type de biomasse, ainsi que des unités de mono-digestion d'effluents d'élevage. La part de ces dernières augmentera progressivement alors que les unités de co-digestion de fumier et de cultures énergétiques diminueront [94].

### **Biocarburants**

La production de biocarburants en 2013 correspondait à 1,375 kt de biodiesel et 414 kt de bio éthanol et représentait 4,6% des carburants produits en 2012 [95].

Les principales matières premières utilisées pour la fabrication de biocarburants aux Pays –Bas sont le maïs, la canne à sucre, le blé, la betterave sucrière et la paille issus de la culture de blé [95].

Les imports constituent la majeure partie de l'approvisionnement en matières premières. En effet, en 2013, seuls le blé et les résidus de cultures de blé sont issus du pays [95]. En moyenne 18% des biocarburants mélangés aux carburants fossiles est obtenus à partir de matières premières produites directement aux Pays-Bas [96].

### **Produits biosourcés**

En 2015, les utilisations courantes de biomasse agricole pour les matériaux biosourcés correspondent à la production de fibres à partir d'herbe (matériaux de construction, papier, terreau, etc.) et de papier à partir de bois [91], mais le marché existant est encore limité. La betterave sucrière en particulier est utilisée dans la fabrication de bioplastiques PLA (polyactic acid) [97].

---

<sup>54</sup> Chaleur seule. Les données relatives à la capacité de production de chaleur par cogénération ne sont pas disponibles.

La production de matériaux biosourcés à partir de fibres de lin et de chanvre se caractérise par l'apparition d'applications innovantes : fabrication de composants favorisant l'économie d'énergie dans l'industrie automobile, de cadre de vélo, de prothèses médicales ou de pansements, etc. Cependant les volumes de production restent peu significatifs [89].

D'autres secteurs innovants apparaissent, valorisant des résidus d'horticulture comme les tiges de tomates pour fabriquer des emballages en carton (Smurfit Kappa) [97].

Les Pays-Bas souhaitent développer la transformation des effluents d'élevage afin d'en faciliter le transport et la vente via la réduction du volume des effluents, du taux d'humidité et des organismes pathogènes<sup>55</sup>.

## **Chimie**

En 2013, la part des produits chimiques biosourcés représentait moins de 5% de l'ensemble des produits chimiques. Elle relevait principalement de la transformation d'huiles, de sucre et d'amidon. Aux Pays-Bas, la valorisation de résidus d'horticulture permet d'extraire des matériaux de haute qualité destinés au secteur de l'industrie pharmaceutique [97].

## **Orientations stratégiques : leviers et freins au développement**

### **Général**

#### *Leviers*

- Les **nombreux ports** sont un atout pour les Pays-Bas qui peuvent transporter la biomasse vers d'autres pays d'Europe à un coût plus faible que le transport routier traditionnel [87].

#### *Freins*

- Pour les unités de co-combustion, le **manque de spécifications techniques homogènes pour toutes les unités, de contrats commerciaux et de standards de durabilité** est un frein au marché de l'électricité et de chaleur renouvelable et donc à leur production [87] ;
- Le développement des produits biosourcés pourrait être freiné par la faible industrie forestière et le **marché national peu développé pour les produits biosourcés** [96] ;
- Peu de sensibilisation du consommateur concernant les produits biosourcés [96].

### **Cultures annuelles et surfaces en herbe**

#### *Leviers*

- Dans le cadre de la mise en place de la bio-économie, la culture de betterave sucrière a été mise en avant pour la diversité de ses domaines d'applications à plus haute valeur ajoutée que l'alimentation [91], et du fait de son important rendement par hectare [98] ;
- Concernant les cultures amidonnières et sucrières, il est estimé que la **nécessité de réduire les émissions de gaz à effet de serre à long terme** entrainera la priorisation de la biomasse agricole dans des secteurs comme la fabrication de plastiques ou de produits chimiques. Ces sources sont considérées comme les seules alternatives possibles ou du moins les moins chères [99] ;
- L'utilisation de cultures énergétiques (betterave sucrière, le colza, le maïs grain ou le blé d'hiver) dépendra de différents facteurs tels que **le prix des matières premières agricoles (huiles...), des taxations mises en place sur les biocarburants et du développement des biocarburants de seconde génération** [87] ;
- La filière la production de produits chimiques biosourcés devrait pouvoir se développer sans subventions [96] du fait en partie de la **haute valeur ajoutée des produits**.

#### *Freins*

- La **surface de terres arables au niveau national est insuffisante** pour produire la quantité de biocarburants permettant d'atteindre les objectifs fixés par l'état. Les Pays-Bas doivent donc importer de l'huile végétale et du biodiesel [87] ;

<sup>55</sup> Communication personnelle, LEI Wageningen, 2015



- Les cultures de lin et de chanvre ne sont pas favorisées du fait des **prix élevés**, de la faible disponibilité des terres agricoles aux Pays-Bas, ainsi que du **rendement de production inférieur au rendement de productions de cultures plus intensives destinées à d'autres usages** [89] ;
- L'utilisation des cultures énergétiques (betterave sucrière, maïs fourrage...) dans les co-digesteurs a tendance à diminuer du fait de l'augmentation des prix de ces intrants ces dernières années, passant de 15% à 6% des intrants totaux dans les co-digesteurs [100] ;
- **L'augmentation du prix des co-substrats autres que les effluents d'élevage** utilisés dans les unités de méthanisation, notamment les fourrages, a réduit le nombre d'unités de méthanisation ces dernières années<sup>56</sup>.

### **Résidus de cultures annuelles et issus de silos**

#### *Freins*

- **Le prix de la paille élevé** (plus de 100 €/t) rend son utilisation peu attractive pour des raisons économiques [101].

### **Effluents d'élevage**

#### *Leviers*

- La densité d'animaux est une des plus élevée dans l'Union Européenne avec 3,6 unités d'animaux/ha contre 0,7 en moyenne en dans l'UE [102]. **Les effluents sont produits en très grande quantité et sont en surplus** par rapport à la quantité légale d'effluents pouvant être épandus sur les terres agricoles au Pays-Bas d'après l'application de la Directive Nitrate ;
- Le développement de la filière biogaz se fera principalement à partir de l'utilisation d'effluents d'élevage en particulier du fumier de vaches et minoritairement à partir de d'effluents de porcs et de poulets. Suite notamment à la **suppression des quotas laitiers**, l'effectif des vaches est supposé augmenter ce qui entrainera, par conséquent une augmentation des effluents de vaches [103] ;
- Des réserves sont émises sur la co-digestion concernant notamment le risque de contamination du sol et de l'eau lors de l'application du digestat [104] et de la **disponibilité et le prix des co-substrats** issus de la biomasse agricole [102]. La digestion de tous types de biomasse et la mono-digestion seront priorisées. A noter toutefois que la mono-digestion produit cependant moins de biogaz que la co-digestion [104] ;

#### *Freins*

- Les effluents d'élevage ont un potentiel de production de biogaz plus faible que les déchets alimentaires [100] ;
- Une majeure partie des effluents liquides restent peu utilisés du fait d'un manque de co-substrats pour alimenter les co-digesteurs, de leur prix fluctuants et coût élevé de leur utilisation en mono-digestion [99].

### **Haies et agroforesterie**

#### *Freins*

- L'utilisation de la biomasse issue de la taille d'arbres fruitiers à des fins énergétiques génèrerait des frais supplémentaires de gestion car la vente commerciale de résidus de tailles n'est pas développé aux Pays-Bas [69].

## **5.5.2.Stratégie et politiques publiques**

### **Cadre politique général**

La gestion de la biomasse agricole est régulée par les politiques publiques suivantes :

- Le **Plan national pour les énergies renouvelables** (National Renewable Energy Action Plan, NREAP) [91] dont les objectifs sont

<sup>56</sup> Communication personnelle, Berien Elbersen (Alterra), 2016

- d'augmenter la part des énergies renouvelables d'ici 2020 jusqu'à ce qu'elle atteigne : 14,5% dans la consommation d'énergie finale, 37% dans le secteur de l'électricité (6% en 2005); 10% dans le secteur des transports (0,1% en 2005) et 9% dans le secteur du chauffage et de la climatisation (2,5% en 2005);
- de réduire de 30% les émissions de CO<sub>2</sub> comparé à 1990 ;
- de réaliser 2% d'économie d'énergie de plus que 2011 ;
- augmentation de l'énergie produite à partir du biométhane jusqu'à 6,7TWh d'ici 2020 [93]
- La **Directive sur la qualité des carburants** définissant les objectifs de réduire de 6% les émissions de GES des fournisseurs de carburants d'ici 2020 [95] ;
- Le **programme de Bio-économie**, en lien avec la Stratégie pour une Bioéconomie durable européenne, dont l'un des objectifs est de diminuer de 50% d'ici 2030 l'utilisation de combustibles fossiles, dans l'industrie chimique [97].

En 2013, les Pays-Bas avaient réduits de 7,9% ses émissions de GES par rapport à 1990. En 2014, la part d'énergies renouvelables dans la consommation finale brute d'énergie était de 5,5% [105].

Un **Plan d'action national en faveur de la biomasse** (2003-2005) qui visait à faire tomber les barrières à l'utilisation de la biomasse par la mise en place de groupes de réflexion était en action jusqu'en 2010. Les groupes de travail concernant les aspects financiers, légaux, technologiques, commerciaux, la disponibilité de la biomasse et la communication [106]

Les outils politiques pour développer l'utilisation de biomasse et notamment de biomasse agricole, sont détaillés dans la partie suivante :

### ***Présentation générale des principaux instruments politiques en lien avec la mobilisation de la biomasse***

**Tableau 14 : Synthèse des principaux instruments politiques influençant la mobilisation de la biomasse aux Pays-Bas**

Nom	Thématique	Type d'instrument*	Type de mécanisme	Types d'usage concernés	Types de biomasse concernés	Influence sur la mobilisation de la biomasse
Instruments politiques influençant l'aval de la filière						
Priorisation des énergies renouvelables (Gas act and Electricity Act)	Energie	Réglementaire	Accès au réseau	Electricité, chaleur	Non spécifié	Non connu
RCR / Wabo	Energie	Réglementaire	Facilité d'obtention de licence	Electricité, chaleur biocarburants	Non spécifié	Faible
SDE/SDE+	Energie	Economique	Subventions	Production de chaleur et d'électricité et de biogaz	Effluents d'élevage, cultures énergétiques	Forte
Certification des gaz vert	Energie	Volontaire	Certification	Gaz vert	Effluents d'élevage, herbe	Moyen
Quota sur l'usage des biocarburants	Transport	Réglementaire	Obligation d'incorporation	Biocarburant	Non spécifié	Fort
Règlement du double comptage des meilleurs carburants	Transport	Réglementaire	Obligation d'incorporation	Biocarburant	Cultures lignocellulosiques	Fort
IBB (Innovatieve biobrandstoffen)	Transport	Economique	Subvention	Biocarburant	Non spécifié	Non connu
Subventions pour la biomasse liquide	Transport	Economique	Subvention	Biocarburant	Oléagineux	Non connu

Subventions sur la mobilité durable	Transport	Economique	Subvention	Producteurs d'énergie renouvelables : biocarburants	Non spécifié	Non connu
Taxe sur les voitures et les motocyclistes BPM	Transport	Economique	Allègement fiscal	Biocarburants	Non spécifié	Non connu
Taxe sur la protection environnementale WBM	Energie	Economique	Déduction de taxe	Biogaz	Non spécifié	Non connu
EIA (Energie Investment Allowance)	Energie	Economique	Déduction de taxe	Producteurs d'énergie renouvelables : électricité, chaleur, biocarburants	Tous types	Fort
MIA (Milieu Investeringsaftrek)	Environnement	Economique	Déduction de taxe	Energie, Produits Biosourcés, Biochimie	Tous types	Fort
VAMIL (Random depreciation of environmental investments scheme )	Environnement	Economique	Subventions	Energie, Produits Biosourcés, Biochimie	Tous types	Fort
Contrats de Performance à l'Innovation (IPC)	R&D	Economique	Subventions	Biogaz, biocarburants, bio-raffinerie, produits biosourcés	Non spécifié	Non connu

Green Deals <sup>57</sup>	R&D	Volontaire	Accord volontaire entre le gouvernement et des entrepreneurs	Produits biosourcés, Energie, Biochimie	Tous types	Moyen
Small Business Innovation Research	Innovation	Volontaire	Programme de développement d'innovation	Transformation de la biomasse, Bioéconomie	Non spécifié	Non connu

Source : [107]

<sup>57</sup> <http://epd.iipnetwork.org/policy/green-deal>

## ***Instruments politiques impulsant l'amont de la filière***

### *Instruments volontaires*

**Mise en place d'un réseau d'approvisionnement** : le Dutch Biorefinery Cluster regroupe 18 000 producteurs de cultures et 18 000 éleveurs de vaches laitières autour des secteurs de la bio-économie. Ils produisent 10 million de tonnes de betterave sucrière (Cosun), 3 million de tonnes de féculs de pomme de terre (Avebe), et 3.2 million de tonnes de biomasse (principalement importée) pour la production de papier et carton (20 entreprises) [97].

## ***Instruments politiques impulsant l'aval de la filière***

### *Instruments réglementaires*

**Electricité et chaleur – accès au réseau** : l'objectif « Priorisation des énergies renouvelables » (Voorrang voor duurzaam) est un projet de loi qui priorise les énergies renouvelables dans le réseau électrique en cas de surplus d'énergie totale produite<sup>58</sup>. Suite à la libéralisation du marché de l'électricité de nombreux projets de construction de centrales électriques sont établis doublant ainsi la production annuelle d'énergie. Pour éviter que la demande et les exports soient trop minoritaires par rapport à l'offre et éviter de surcharger la capacité de transmission disponible, des règles de priorités des sources d'énergie sont mises en place [108].

**Energies – facilitation de procédure administrative** : Le RCR (Rijkscoördinatieregeling), projet de coordination gouvernementale et le Wabo (Wet algemene bepalingen omgevingsrecht), loi régissant les dispositions générales du code de l'environnement, ont pour objectif de faciliter les procédures d'obtention d'autorisation de raccordement pour les projets concernant les énergies renouvelables [109].

**Biocarburants - Incorporation de biocarburants dans le secteur du transport** : depuis 2007, le décret sur les biocarburants impose aux fournisseurs de carburants de fournir une part minimum de biocarburants. En 2015, les fournisseurs et producteurs de carburants qui fournissent plus de 5000L/an devaient avoir une part de biocarburant d'au moins 6,25%. Cette part devra augmenter de 0,75% tous les ans afin d'atteindre les objectifs fixés pour 2020 [110].

### *Instruments économiques*

**Energies - Subvention des initiatives de développement des énergies renouvelables** : En 2008, la mise en place de l'outil incitatif SDE (Stimulerend Duurzame Energieproductie) permet de subventionner les initiatives de développement des énergies renouvelables. Les subventions SDE et SDE+ (correspondant à un paiement premium) sont attribuées à des projets d'installations utilisant des énergies renouvelables à des fins de productions d'électricité, de chaleur, de biogaz et des installations en co-génération. En 2013 le montant des subventions était de 3 milliards d'euros [111]. En 2014, le subventionnement s'élevait à 3,5 milliards d'euros [93]. En particulier, le subventionnement par la SDE de la co-digestion des effluents d'élevage imposait l'incorporation d'au moins 50% de MS sous forme de fumier pour que le digestat puisse être réutilisé comme fertilisant [100].

**Energie - Subvention pour l'investissement énergétique (EIA)** qui se focalise sur les installations de bio-énergie (co-génération, méthaniseurs, ...)

**Energie - Subvention pour l'investissement environnemental (MIA)** qui supportent les équipements pour l'énergie, la transformation des effluents d'élevage et les biopolymères. Elle peut être complétée par un amortissement aléatoire du régime des investissements environnementaux VAMIL qui permet de faciliter l'investissement dans les produits respectueux de l'environnement.

**Biocarburants - IBB** (Innovatieve biobrandstoffen) est un programme de subvention dont le but est de soutenir les projets qui améliorent ou renouvèlent les procédés d'approvisionnement en biocarburants innovants dans le secteur des transports [109].

**Biocarburants - Subventions pour la biomasse liquide**, issue d'huiles végétales, sont accordées aux fournisseurs de carburants lorsque la biomasse liquide remplit différents critères de durabilité, sous la directive de la qualité des carburants [87]. Ces subventions sont accordées dans le cadre de l'application de la Directive des énergies renouvelables.

**Biocarburants - Innovative Performance Contracts (IPC)** : Ces contrats d'innovation correspondent à des programmes de subventions destinés à des PME travaillant sur un secteur une chaîne industriels en commun. En 2016, le budget est de 2,8 millions d'euros. Les demandes d'adhésion aux programmes doivent répondre

---

<sup>58</sup> [http://www.biomassfutures.eu/public\\_docs/final\\_deliverables/WP2/D2.3%20Outlook%20on%20Market%20Segments%20for%20Biomass%20Uptake%20by%202020%20in%20the%20Netherlands.pdf](http://www.biomassfutures.eu/public_docs/final_deliverables/WP2/D2.3%20Outlook%20on%20Market%20Segments%20for%20Biomass%20Uptake%20by%202020%20in%20the%20Netherlands.pdf)

aux critères d'évaluations des appels d'offres : innovation, qualité de la coopération, pertinence comparé aux principaux secteurs de la Bio-économie [112].

#### *Instruments volontaires*

**Chaleur – Mise en place de certificat.** La « vision biométhane » est une coopération publique-privée proposant des recommandations pour la mise en place d'un système de certification pour le gaz d'origine renouvelable. La certification des gaz vert est aujourd'hui gérée par l'organisation Vertogas depuis 2009 [91]. En 2012, les Pays Bas ne comptaient pas de biocarburants certifiés durables [113].

**Les Green Deals** : ils correspondent à des programmes permettant de lier un accord volontaire avec le gouvernement [87] et de bénéficier de soutiens pour développer de nouvelles pratiques innovantes au travers différents projets dans les domaines suivants : économie d'énergie, énergie renouvelable, mobilité durable, utilisation durable des matières premières [87]. L'intérêt des Green Deals est de soutenir des initiatives économiquement viables en réduisant les freins à leur mise en place (legislatifs...). Parmi ceux-ci :

- **Les Green Gaz Green Deal** pour faciliter les innovations technologiques permettant de développer la production de gaz d'origine renouvelable : l'accord pour le développement du gaz vert (Green Gas Green Deal) et la feuille de route pour le gaz renouvelable (2014), met à contribution les initiatives individuelles et le gouvernement pour permettre d'obtenir des retours d'expérience sur les défis technologiques.
- Les **Green deals conclut sur les polymères en industrie chimique** pour permettre la certification de l'utilisation de biomasse comme matières premières dans la production de polymères [97].

En 2011, 59 Green deals avaient été signés [87].

**Programme de recherche « Small Business Innovation Research » (SBIR)** : Au sein de ce programme, le gouvernement appelle les entreprises à concourir au développement d'innovations sous forme de produits ou de services, pouvant contribuer à la résolution de problèmes sociétaux. Le programme se focalise sur des secteurs d'innovations tels que la logistique agricole, la biomasse et la bio-économie.

### **Retour d'expérience sur les instruments politiques mis en œuvre**

#### **Facteurs clés de succès**

- Concernant le secteur des transports, l'obligation d'incorporation de biocarburants a été le principal moteur du développement des biocarburants aux Pays Bas depuis 2007 [87] ;
- La **suppression des quotas sur le sucre** prévue d'ici 2017 entrainera une augmentation de la production de betterave sucrière. En effet la filière pourra s'orienter davantage dans la fabrication de biocarburants et de produits biochimiques, qui se développent avec l'apparition de nouvelles techniques innovantes [91] ;
- Concernant le développement de la filière biogaz, les **tarifs de subventionnement ayant été modifiés**, de nouveaux projets favorisant l'utilisation de la biomasse agricole telle que les effluents d'élevage devraient voir le jour. D'ici 2020, 7TWh devrait être produit à partir de la digestion, ce qui devrait favoriser l'utilisation de cette source de matières premières ;
- Afin d'atteindre les objectifs fixés par le NREAP concernant les énergies renouvelables, le schéma SDE+ facilite les démarches de subventionnement et augmente le nombre innovations technologiques qui peuvent bénéficier du subventionnement [111].

#### **Difficultés rencontrées**

- Le **programme SDE+** qui propose des subventions pour développer spécifiquement le secteur des énergies renouvelables, peut être considéré comme un **frein à l'implantation de filières à plus hautes valeurs** ajoutées (ex bioplastiques pour la filière de betterave sucrière), malgré le subventionnement du secteur des bio-matériaux devrait contrecarrer cette difficulté [91] ;
- **La co-digestion du fumier se développe à l'aide des subventions et reste dépendante de celles-ci** du fait des coûts de financement et de la disponibilité des co-substrats, la priorisation de la mono-digestion via le développement d'unités adéquates peut permettre d'améliorer la rentabilité de l'utilisation des effluents [91].

## 5.6. Royaume-Uni

### Encadré 4 : Messages clés pour le Royaume-Uni

- 2% des surfaces arables sont utilisées pour la production d'énergie, dont 68% pour la production de biocarburants (cultures dédiées), 24% pour la méthanisation (maïs fourrage) et 8% pour la cogénération (production de cultures pérennes) ;
- Le Royaume-Uni valorise peu la biomasse agricole (en dehors d'un retour au sol), les principales sources d'énergie étant le bois et les déchets, notamment les déchets alimentaires ;
- La biomasse agricole produite sur le territoire est principalement utilisée pour la production d'électricité et de chaleur. La biomasse agricole utilisée pour la production de biocarburants ou de bioproduits est principalement importée ;
- Les effluents d'élevage, utilisés principalement pour la production d'électricité, représentent moins de 5% de la biomasse utilisée pour la production d'électricité en 2014 ;
- Pour autant, le Royaume-Uni possède une ressource importante de paille, de bois de haies et d'alignement et d'effluents d'élevage potentiellement mobilisables ;
- Le principal levier à la mobilisation de la biomasse est la mise en place de contrats entre producteurs et transformateurs (pour les cultures pérennes uniquement).
- Les principaux freins technico-économiques à l'utilisation de biomasse agricole sont le manque de technologies et de structures de valorisation, notamment à proximité des zones de production de la biomasse, la difficulté d'accès au réseau et les difficultés de rentabilité ;
- Les politiques publiques favorisent principalement la consommation de biomasse agricole de manière indirecte via les obligations de consommation de biomasse (y compris résidus organiques) dans certains secteurs (carburants, production d'électricité) et les subventions pour l'utilisation d'énergies d'origine renouvelable produites à partir de biomasse, tout type confondu. Les politiques publiques ciblant la biomasse agricole concernent la production de miscanthus et de taillis à courte rotation, que ce soit des instruments incitant l'amont ou l'aval de la filière.

### 5.6.1. État de la mobilisation de la biomasse agricole

#### Ressource en biomasse agricole

Tableau 15 : Ressource en biomasse agricole théorique disponible au Royaume Uni en 2010

Type de biomasse	Sous-catégories	Volume total théorique disponible (kt)	Équivalent énergie (Mtep)
TOTAL		27 423	4,55
Cultures pérennes	Cultures ligneuses et lignocellulosiques	0	0
Cultures et surfaces en herbe	Cultures pour la production de biocarburants	1 281	0,43
	Autres cultures à vocation énergétiques (maïs fourrage)	6	0,002
	Lin et chanvre pour la production de	Nc	n.c



Type de biomasse	Sous-catégories	Volume total théorique disponible (kt)	Équivalent énergie (Mtep)
	biomatériaux à base de fibre		
	Surfaces en herbe (herbe de bord de routes)	460	0,21
Résidus de cultures et issus de silos	Résidus de cultures annuelles	1 880	0,79
	Issus de silos	Nc	n.c.
	Résidus de cultures pérennes	Nc	Nc
Haies et agroforesterie	Bois des haies et des alignements, agroforesterie	1 448	0,72
Effluents d'élevage	Effluents liquides	13 530	0,43
	Effluents solides	8 712	1,96

Source : Ressource en biomasse en 2010 [16] :

- Les principales ressources potentielles en masse sont de loin les effluents d'élevage liquides (49%) et solides (32%). Les résidus de cultures annuelles, les bois de haies et d'alignements et les cultures dédiées représentent respectivement 7%, 6% et 4% de la quantité de biomasse agricole possiblement disponible ;
- Les principales ressources potentielles en équivalent énergie sont les effluents d'élevage solides (43%), les résidues de cultures annuelles (18%) et les bois de haies et d'alignement (6%). Les effluents d'élevage liquides, les cultures dédiées et l'herbe de bord de route représentent respectivement 9%, 8% et 5% de l'énergie produite à partir de biomasse agricole.

Evolution future des ressources potentielles :

- Il est estimé que les résidus issus de l'agriculture (dont 75% à partir de paille) devraient contribuer à la production de 114 000 kGJ d'ici 2020, soit 17% du potentiel de production de bioénergie [114];
- Les cultures énergétiques devraient contribuer à la production de 18 000 kGJ, soit 3,6% de la production de bioénergie (incl. taillis à courte rotation et miscanthus).

### Principaux usages de la biomasse agricole

- En 2014, 2% de la surface nationale arable était utilisée pour la production de bioénergie, soit 122 000 ha [115] ;
- **68% de cette surface était utilisée pour la production de biocarburants** (soit 83 000 ha), représentant 1,2 millions de tonnes de cultures dédiées. Le blé est la principale culture utilisée pour la production de biocarburants. 24% était utilisée pour la production de maïs fourrage dédiée à la méthanisation. La production de cultures pérennes (taillis à courte rotation et miscanthus) représentait 8% de la surface ;
- En 2014, 19% de la surface de maïs produite en Angleterre était destinée à la méthanisation, soit 0,7% de la surface arable d'Angleterre) ;
- En 2014, 3,154 millions d'hectares sont utilisées pour la production de paille (en tant que coproduit de la culture de céréales), soit une production de 10 400 kt de pailles par an au Royaume Uni [115]. Cependant, seulement 2% de cette surface est utilisé pour la production d'énergie (208 kt). Environ 2 000 kt ne sont pas valorisés ;

- En 2014, les surfaces dédiées aux taillis à courte rotation et au miscanthus représentent respectivement 3000 ha et 7000 ha en Angleterre, et 10 000 nouveaux hectares de miscanthus auraient été plantés depuis les années 2000 d'après les demandes de subventions relatives aux cultures énergétiques [115].

### **Électricité et chaleur**

En 2012, l'électricité produite à partir de biomasse, tout type confondu [116] représentait 4,1% de l'électricité produite au Royaume-Uni et 37,8% de l'électricité d'origine renouvelable. En 2014, **1,26 Mtep d'électricité étaient produits à partir de biomasse d'origine agricole** [117], soit 22,7% de l'électricité d'origine renouvelable. **La biomasse d'origine animale représente moins de 5% de la biomasse agricole utilisée**<sup>59</sup>. L'électricité est produite à partir de biomasse solide utilisée dans des unités de production d'électricité (production principalement d'électricité seule – la cogénération représente moins de 8% de l'électricité produite).

Au Royaume-Uni, le plus gros utilisateur de biomasse est la centrale électrique de Drax (capacité 4 GW) dans le Yorkshire qui fournit 8% de l'électricité du Royaume-Uni [118]. Deux de ses unités ont été converties pour l'utilisation de biomasse et deux autres devraient être converties d'ici 2019, amenant la capacité de conversion de la biomasse à 2,5 GW [119]. Utilisant majoritairement des produits du bois, la centrale utilise également des résidus agricoles dans des proportions très faibles : parmi les fibres utilisées, 0,2% sont des taillis à courte rotation, 0,7% du miscanthus et 0,8% de la paille [118] en 2015. Il est estimé que la centrale de Sleaford [120] pourrait produire 300 GWh d'électricité par combustion de paille. Cela nécessiterait 240 000 tonnes de paille à collecter sur un rayon de 50 km autour de la centrale.

En 2012, la production de chaleur à partir de biomasse (tout type confondu) était de 1 729 ktep [116] (1,8% de la chaleur produite au Royaume-Uni, 78,6% de la chaleur d'origine renouvelable). Le bois est de loin la principale source de chaleur d'origine renouvelable.

En 2013, 300 000 tonnes de cultures énergétiques (maïs uniquement, dont 76% de maïs fourrage en 2015) et 250 000 tonnes d'effluents d'élevage étaient utilisées en méthanisation, représentant respectivement 15% et 12% de la biomasse organique (incluant les déchets alimentaires) utilisée [115]. En 2015, 180 unités de méthanisation étaient opérationnelles [121].

En 2013-2014 :

- Le miscanthus et les taillis à courte rotation sont essentiellement utilisés pour la production de chaleur, notamment en cogénération. 22 000 tonnes de miscanthus étaient utilisées pour la production d'électricité [115] ;
- La paille est utilisée pour la production d'électricité, de chaleur ou en cogénération.

### **Biocarburants**

En 2014, les biocarburants représentaient 3,9% des carburants consommés – 1 242 ktep dont 37% d'éthanol et 63% de biodiesel [117].

Sur la période 2014-2015<sup>60</sup>, **30% des biocarburants étaient produits à partir de biomasse agricole et déchets agroalimentaires** (ex : huile de cuisson). Le maïs et le blé représentent respectivement 19% et 14% de la biomasse agricole utilisée. Viennent ensuite les betteraves à sucre (9%), les cultures amidonnères (5%) et l'huile de colza (5%) [122].

Pour la période 2013-2014, il est estimé que 33% des cultures destinées à la production de biocarburants étaient produites au Royaume-Uni [115].

### **Matériaux biosourcés**

La production des polymères biosourcés est encore en phase pilote/démonstration au Royaume Uni. Aujourd'hui, la demande en plastiques biosourcés est de 4 000 tonnes par an sur le territoire. Environ 1000 t/an de plastiques biosourcés sont produits au Royaume Uni et 3000 t/an sont importées – notamment l'acide polylactique (PLA) utilisé pour des emballages et sacs plastiques [123].

<sup>59</sup> Les données statistiques disponibles incluent pour la biomasse animale l'énergie générées à partir de déchets de type viande et os.

<sup>60</sup> Avril 2014-Avril 2015

Les industries estiment que la production domestique de bioplastique pourrait atteindre 120 000 tonnes. Une surface de 21 000 ha serait alors nécessaire pour la production de la biomasse agricole requise pour cet objectif, soit seulement 0,1% des terres agricoles [123].

### **Produits chimiques biosourcés**

L'industrie chimique renouvelable n'est pas encore mature. Quelques exemples de développeurs de technologie dans ce domaine sont à noter :

- Green Biologics – technologie développée au Royaume Uni pour la production de n-butanol à partir de sucres issus des céréales (1G) et matières premières lignocellulosiques (travaux avec des partenaires pour la 2G) [124]. L'unité pilote est aux Etats-Unis ;
- Solvert Ltd. – technologie développée pour la production de n-butanol, acétone et hydrogène à partir de résidus organiques (déchets solides municipaux et industriels). Acheté par Suez Environnement en 2013 [125].

## **Orientations stratégiques et freins au développement**

### **Général**

Les freins au développement des bioénergies, tout type de biomasse confondu, sont les suivants [126] :

- Fragmentation de la supply chain ;
- Manque d'investissements et d'innovations pour le développement et l'amélioration des technologies existantes ;
- Difficulté d'accès au réseau national : les délais d'accès sont très longs ;
- Difficultés à obtenir des fonds ;
- Manque d'expérience du marché avec des unités de traitement de biomasse à grande échelle.

Spécifiquement à la biomasse agricole :

- Difficultés d'approvisionnement durable et continu en biomasse agricole, notamment pour la méthanisation ;
- Compétition avec le compostage ;
- **Manque de technologies de conversion de la biomasse agricole en plastique biosourcés** : les résines produites par les usines de biochimie pour la production de bio-plastiques par exemple sont transformées dans d'autres pays européens. En conséquence, la biomasse agricole n'est pas (sauf quelques unités de transformation de petite taille) produite pour cet usage au Royaume-Uni. Les producteurs et convertisseurs sont alors obligés d'acheter la biomasse en dehors du territoire, à des prix plus élevés que s'ils utilisaient la biomasse produite sur le territoire [123].

### **Cultures pérennes et taillis à courte rotation**

#### *Leviers*

- Mise à disposition de cartes à destination des agriculteurs permettant d'identifier les zones où le rendement des cultures de miscanthus et des taillis à courte rotation sont potentiellement les plus élevés (et les plus faibles). Ces cartes ont été développées par le DEFRA [127] ;
- Développement des cultures lignocellulosiques (peuplier dans le nord et ouest du royaume et miscanthus dans le sud et est du royaume) identifié comme conditions essentielles au développement des réseaux de chaleur alimentés par la biomasse à long terme (2030-2040) [128].

#### *Freins*

- **Manque de promotion** de l'utilisation de ces cultures auprès des agriculteurs et **manque d'informations** sur les pratiques agricoles associées [129] ;
- Inadaptation des chaudières actuelles à l'utilisation de miscanthus ;
- Chaîne d'approvisionnement encore peu structurée.

### **Résidus de culture**

#### *Leviers*

- **Mise en place de contrats entre les producteurs de paille et la centrale électrique** de Sleaford pour l'approvisionnement en paille de la centrale pendant 12 ans pour les exploitations situées dans un périmètre de 50 km de diamètre de la centrale [120].

#### Freins

- **Manque d'infrastructures de valorisation de la paille à proximité des sources de production.** La valorisation de proximité est privilégiée car le transport des pailles n'est pas rentable pour des longues distances [115] ;
- Nécessité d'un prétraitement de la paille pour améliorer le rendement de production de bioéthanol [130], pouvant engendrer des coûts supplémentaires ;
- Le coût de la paille est le plus grand contributeur du coût de production du bioéthanol, fluctuant de manière importante au cours de l'année de £29/t à £45/t (36-56 €/t).

#### Effluents d'élevage

#### Freins

- Compétition avec l'utilisation en tant que fertilisants ;
- **En Angleterre, les agriculteurs fonctionnent peu en coopérative**, rendant difficile l'investissement pour une unité de méthanisation [131].

### 5.6.2.Stratégie et politiques publiques

#### Cadre politique général

Les principales politiques publiques en lien avec la biomasse agricole sont les suivantes :

- La **Stratégie Nationale pour la bioénergie** (2012) visant à définir les bases de la politique nationale en matière d'énergie. Les principaux éléments sont 1) Le développement de la bioénergie sera durable (réductions réelles d'émissions de GES, bénéfiques économiques, etc.), 2) La bioénergie ne doit pas impacter de façon négative la biodiversité ou la disponibilité d'aliments et 3) La valorisation de déchets organiques en bioénergie est favorisée. L'objectif d'incorporation d'énergies renouvelables dans le mix énergétique en 2020 est de 15% (il est plus faible que dans le reste de l'Europe avec 20% en moyenne [132] [133]) et de 10% pour le secteur du transport ;
- La **Loi sur le changement climatique** (*Climate Change Act*) (2008) définit des objectifs de réduction des émissions de GES domestiques d'au moins 34% d'ici 2020 par rapport à 1990 et de 80% d'ici 2050 [133] ;
- Le **Plan national de transition vers une économie sobre en carbone** (développé en 2009) définissant des objectifs de production de 30% d'électricité d'origine renouvelable d'ici 2020 [134].
- Le **Plan Londonien (2011)** visant à définir la stratégie de développement de la ville sur 20-25 ans. Il a pour volonté d'augmenter la part d'énergies renouvelables, notamment à partir d'énergie produite à partir de biomasse.
- Le **Plan Ecossais Bas Carbone** a pour objectif de promouvoir l'utilisation de biomasse pour la production d'électricité et de chaleur, avec une attention particulière sur les petites structures de production.
- La **Stratégie en matière de changement climatique du Pays de Galles** mentionne clairement la production d'énergies renouvelables dans les fermes comme moyen pour limiter et anticiper le changement climatique ;

En 2013, le Royaume-Uni avait réduit de 26,2% ses émissions de GES par rapport à 1990. En 2014, la part d'énergies renouvelables dans la consommation finale brute d'énergie était de 7,0% [135].

Les instruments politiques mis en place au Royaume-Uni pour encourager l'utilisation de la biomasse et plus particulièrement de la biomasse agricole sont détaillés dans la section suivante.

#### Présentation générale des principaux instruments politiques en lien avec la mobilisation de la biomasse

**Tableau 16 : Synthèse des principaux instruments politiques influençant la mobilisation de la biomasse agricole au Royaume-Uni**

Nom	Thématique	Type d'instrument*	Type de mécanisme	Types d'usage concernés	Types de biomasse concernés	Influence sur la mobilisation de la biomasse
Instruments politiques influençant l'amont de la filière						
Régime d'aides aux cultures énergétiques (ECS)	Agriculture	Eco	Subventions	Non spécifié	Taillis à courte rotation Miscanthus	Très fort
Instruments politiques influençant l'aval de la filière						
Obligation d'incorporation d'électricité d'origine renouvelable dans le mix électrique	Energie	Regl	Obligation d'incorporation	Electricité	Tous	Moyen
Obligation d'incorporation de biocarburants dans le secteur du transport	Energie/Transport	Regl	Obligation d'incorporation	Biocarburants	Cultures dédiées	Fort
Tarifs d'achat de l'électricité d'origine renouvelable	Energie	Eco	Tarif d'achat de l'électricité	Electricité	Tous	Moyen
Contrat pour la différence, aide à l'investissement pour les technologies « bas carbone »	Innovation	Eco	Subventions	Usages « bas carbone »	Non spécifié	Non connu
Aide incitative pour la production et l'utilisation de chaleur d'origine renouvelable	Energie	Eco	Subventions	Chaleur	Tous	Fort

Prêt pour l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments	Energie/bâtiment	Eco	Prêt	Chaudière à biomasse	Non spécifié	Moyen
Aides à l'installation d'unités de méthanisation à l'échelle de la ferme	Energie/Agriculture	Eco	Prêt et subventions	Méthanisation	Tout type de biomasse agricole	
Financement de projets durables ( <i>UK Green Investment Bank</i> )	Energie	Eco	Subventions	Méthanisation	Tous	Non connu
Groupe de coordination pour l'innovation « bas carbone » (LCICG)	Recherche	Eco	Subventions	Biotechnologies	Cultures fourragères, cultures pérennes	Non connu

\*Regl = réglementaire ; Eco = économique

## ***Instruments politiques impulsant l'amont de la filière***

### *Instruments économiques*

**Régime d'aides aux cultures énergétiques (ECS) :** Cette subvention couvre 50% des coûts de production pour la culture de miscanthus et taillis à courte rotation destinée à la production de chaleur, d'électricité ou d'énergie par cogénération. Elle a été supprimée en 2013 mais était encore versée jusqu'en 2015. Les résultats [115] :

- Environ 10 000 ha ont été mis en culture pour la production de miscanthus entre 2000 et 2015 sous cet instrument politique – entre 70 et 105 kt (masse sèche) produites. Environ 22 kt ont été utilisées pour la production d'électricité en 2014 (pas de statistiques sur les autres usages) ;
- Environ 2 500 ha ont été mis en culture pour la production de taillis de courte rotation (peuplier et saule) entre 2000 et 2015 sous cet instrument politique – entre 17 et 34 kt (masse sèche) produites. Environ 6 700 t ont été utilisées pour la production d'électricité en 2014.

Le programme de subventions n'a pas été réitéré car les deux premiers ECS n'ont pas fonctionné comme espéré : très peu d'agriculteurs ont souscrit à ce programme. Pour le programme ECS2 (2007-2013), il était prévu de développer 40 000 ha de cultures énergétiques et seulement 4 000 ha ont été mis en place. Le manque de simplicité, de flexibilité et d'incitations financières pour les producteurs, qui doivent attendre entre 4 et 7 ans pour que leur investissements soit remboursés, n'ont pas permis d'obtenir les résultats escomptés [136].

## ***Instruments politiques impulsant l'aval de la filière***

### *Instruments réglementaires*

**Electricité - Obligation d'incorporation d'électricité d'origine renouvelable dans le mix électrique :** Les distributeurs d'électricité d'une capacité de plus de 5MW sont obligés d'incorporer une certaine quantité d'électricité renouvelable dans leur mix (*Renewable Obligations Order (ROO)*). Un marché de quotas a été mis en place par le gestionnaire du réseau (Office of Gas and Electricity Markets – OFGEM). Dans le cas où un producteur n'attend pas son nombre de quotas, il doit les acheter £43.3/MWh (54€/MWh). Depuis 2013, les générateurs d'électricité à partir de biomasse d'une capacité supérieure à 1MW doivent remplir des critères de durabilité tels que précisés dans la Directive Energie Renouvelable. Il s'agit de réduire les émissions de GES de 60% par rapport aux émissions du mix électrique national et de certaines restrictions par rapport à l'utilisation des terres (par exemple la biomasse utilisée pour la production de bioliquides ne doit pas être issue d'une source protégée).

**Biocarburants – Obligation d'incorporation de biocarburants dans le secteur du transport :** Les distributeurs de carburants vendant plus de 450 000 L de carburants par an sont obligés d'incorporer 5% de biocarburants (*Renewable Transport Fuel Obligations (RTFO)*) [127]. Les critères de durabilité sont les mêmes que dans la Directive Européenne sur les Energies Renouvelables. Un marché de quotas a été mis en place. Dans le cas où un producteur n'attend pas son nombre de quotas, il doit les acheter £0,3/L (0,37 €/L).

### *Instruments économiques*

**Electricité – Tarifs d'achat de l'électricité d'origine renouvelable<sup>61</sup> :** Les unités de petite taille (capacité < 5MW) et générant une électricité bas carbone peuvent bénéficier de tarifs d'achat (feed-in-tariffs) [132], notamment les micro unités de cogénération et les unités de méthanisation. Les tarifs d'achat d'électricité produite à partir du biogaz sont volontairement dégressifs avec le temps [137]. Ils sont aujourd'hui entre 0,108 et 0,117 EUR/kWh, en baisse d'environ 33% par rapport aux valeurs pratiquées entre 2011 et 2014 [138]. Les unités d'une capacité comprise entre 5MW et 50MW doivent choisir entre bénéficier de ces tarifs ou appliquer les quotas du ROO. L'aspect dégressif des tarifs vise à refléter et à encourager la baisse (attendue) des coûts des technologies [139].

**Electricité - Contrat pour la différence, aide à l'investissement pour les technologies « bas carbone » :** Etablis dans le cadre de la réforme sur le marché de l'électricité, les contrats, mis en place en 2016, permettront une stabilisation des prix pour les unités. Lorsque les prix du marché de l'électricité sont plus bas que le prix de référence indiqué dans le contrat, l'état complète le prix d'achat pour obtenir le prix convenu. A l'inverse, si le prix du marché excède le prix indiqué dans le contrat, le producteur doit verser la différence à l'état pour empêcher les consommateurs de payer trop cher [140].

**Electricité - Exemption de la taxe** pour la protection du climat pour les utilisateurs d'électricité d'origine renouvelable : Cette exemption a été mise en place par l'amendement de 2013 de la loi sur les finances.

---

<sup>61</sup> Pour la Grande Bretagne

**Chaleur – Aide incitative pour la production et l’utilisation de chaleur d’origine renouvelable (Renewable Heat Incentive (RHI))<sup>62</sup>** : Valable seulement pour le secteur industriel en 2011 [132]. Les ménages ont été inclus en 2014, remplaçant ainsi la prime pour l’utilisation de la chaleur d’origine renouvelable – le focus est mis sur les ménages n’ayant pas accès au réseau de gaz naturel. Depuis 2015, des **critères de durabilité** sont à respecter : réduction de 60% des émissions de GES sur le cycle de vie de la chaleur produite en comparaison avec la moyenne fossile, moins de 30 g PM/GJ de chaleur produite et moins de 150 g NOx/GJ de chaleur produite.

**Chaleur – Prêt pour l’amélioration de l’efficacité énergétique des bâtiments** : Mis en place par la loi sur l’énergie de 2011 (Green Deal), l’installation de chaudières à biomasse est notamment considérée comme une amélioration permettant de bénéficier du prêt [116].

**Chaleur et électricité – Aides à l’installation d’unités de méthanisation à l’échelle de la ferme** [141] : Le département pour l’environnement, l’alimentation et le développement rural (DEFRA) a lancé en 2013 un fond de financement de 3 millions de livres (3,7 millions d’euros) permettant aux agriculteurs anglais d’obtenir un prêt (£400 000, soit 496 000 €) ou 50% du montant du projet) ou une subvention (£10 000, soit 12 000 €) pour la mise en place d’un méthaniseur d’une capacité inférieure à 250 kW et utilisant des déchets issus de la ferme. En juillet 2015, 50 projets avaient bénéficiés d’une subvention mais aucun prêt n’avait été encore accordé [67].

**Financement de projets durables** : Le *UK Green Investment Bank*, institution de financement pour des projets « durables » d’une enveloppe de 3 milliards de livres, soit 3,7 milliards d’euros), a financé plusieurs projets pour la production de biogaz par digestion anaérobie à la hauteur de 160 millions de livres (environ 200 millions d’euros) [142].

**Groupe de coordination pour l’innovation « bas carbone » (LCICG)** : Il s’agit d’un groupe d’organisations publiques finançant la recherche technologique. L’un des axes prioritaires est la production de bioénergie à partir de cultures fourragères et pérennes [134].

## **Retour d’expérience sur les instruments politiques mis en œuvre**

### **Facteurs clés de succès**

- La production de taillis à courte rotation et de miscanthus est très fortement corrélée à l’existence des subventions pour la production de cultures énergétiques. Ces subventions ont eu comme conséquence l’utilisation d’environ 100 kt de biomasse pour différents usages [115] ;
- L’aide incitative pour la production et l’utilisation de chaleur renouvelable est identifiée comme un facteur de développement de la chaleur à partir de biomasse [116].

### **Difficultés rencontrées**

- **L’absence d’objectifs spécifiques sur les biocarburants** dans la législation nationale pour atteindre les objectifs de la Directive sur l’Energie renouvelable apparaît comme un frein au développement des biocarburants. Les industriels attendent de la reconnaissance du gouvernement concernant la mise en place des mélanges E10 ;
- **La suppression des exonérations de droits pour la mise en place du bioéthanol** en 2010 rend sa production non compétitive au niveau économique [130] ;
- **Peu d’instruments politiques dédiés à la production de biomasse agricole** et les autres étapes en amont de la valorisation (e.g. transport, logistique) ;
- Les obligations d’incorporation d’énergies renouvelables dans les secteurs électriques (ROO) et des carburants liquides (RTFO) ont été clés pour le développement des énergies renouvelables, mais plutôt favorable à une rapide croissance de la valorisation de déchets compte tenu de la forte volonté politique de valorisation des déchets :
  - Gaz d’enfouissement pour la production de biogaz ;
  - Huiles usagées et graisses animales pour la production de biodiesel / HVO.
- **Une production de miscanthus et de taillis à courte rotation totalement dépendante des subventions à l’utilisation** : la quantité de miscanthus utilisée dans les centrales électriques a diminué de 5% entre 2012-2013 et 2013-2014, tandis que la quantité de taillis à courte rotation

<sup>62</sup> Pour la Grande Bretagne





a diminué de 22%. Cela est directement lié à la diminution du montant des subventions pour l'utilisation de cultures énergétiques suite à l'amendement de 2013 du ROO [115] ;

- Pas d'instrument incitatif pour l'utilisation de la paille dont l'utilisation se développe peu.

### **5.7. Synthèse des enseignements tirés de l'étude des stratégies de mobilisation de la biomasse dans quatre pays d'Europe**

Les pays étudiés dans le cadre de cette étude sont l'Allemagne, l'Italie, les Pays-Bas et le Royaume-Uni. Ces quatre pays ont été choisis pour leur diversité, tant en termes de typologies de biomasse agricole disponible qu'en termes de politiques publiques concernant la valorisation de cette biomasse.

#### **5.7.1. Contextes nationaux et état de la mobilisation de la biomasse agricole**

En ce qui concerne les ressources disponibles :

- Les Pays-Bas sont un pays avec une superficie moins importante que les autres pays étudiés et avec un système d'élevage intensif très développé. La densité en animaux est la plus élevée de l'Union européenne, ce qui fait des effluents la première (et presque l'unique) source de biomasse agricole du pays ;
- Dans les trois autres pays, les ressources sont plus équilibrées, avec notamment une disponibilité théorique importante en résidus de cultures annuelles et en cultures dédiées. En Allemagne, le maïs est très utilisé dans la filière énergétique. Au Royaume-Uni, qui peine à mobiliser ses ressources, le potentiel reste important pour la paille et les effluents d'élevage.

En ce qui concerne les différents usages de la biomasse agricole, on observe que la demande croissante en matière d'énergies renouvelables représente un élément clé de stimulation de la mobilisation des différentes ressources et de l'orientation des pays en matière de politiques publiques.

Il coexiste ainsi un double phénomène :

- En dehors des valorisations traditionnelles que sont l'alimentation, la fertilisation ou l'utilisation en litière, une orientation majoritaire des ressources vers la valorisation énergétique, tous types de ressources confondus, à l'exception des ressources très spécifiques que sont le lin et le chanvre ;
- Une volonté de limiter les cultures énergétiques dédiées, lorsqu'elles entrent en compétition avec des cultures alimentaires.

Ainsi, dans chaque pays, ce sont les cultures lignocellulosiques qui seront très probablement privilégiées dans les prochaines années. Elles permettent par ailleurs de valoriser les terres non utilisées pour la production alimentaire ou moins intéressantes au niveau agronomique (ex. : sols pauvres en matière organique, anciennes friches industrielles, surface d'intérêts écologiques). Toutefois, nous avons trouvé assez peu d'informations sur d'autres alternatives, telles que le développement de cultures intermédiaires.

En ce qui concerne les autres usages de ces ressources en biomasse agricole, ils restent extrêmement limités :

- Dans chacun des pays, les biocarburants sont principalement fabriqués à base de ressources importées. C'est particulièrement vrai pour les Pays-Bas, qui disposent d'importantes infrastructures portuaires facilitant l'import (logistiquement et économiquement) ;
- Les matériaux biosourcés et la chimie du végétal sont encore principalement à l'état de projets de R&D et de partenariats. Seule l'Allemagne, portée par son industrie chimique, semble développer l'apport de biomasse comme matière première.

#### **5.7.2. Principaux freins au développement de la mobilisation de la biomasse agricole**

Les freins à la mobilisation de la biomasse agricole sont de trois natures différentes :

- Economique, en lien avec les difficultés logistiques, la forte variabilité de la disponibilité de la ressource et un contexte énergétique défavorable (prix du pétrole peu élevé) ;
- Technique, les outils de collecte de la ressource n'étant encore que peu disponibles à des coûts raisonnables, et les outils de valorisation étant pour beaucoup à perfectionner, car initialement non adaptés à ce nouveau type de ressource (exemple des chaudières à bois) ;



- Sociologique, les agriculteurs n'étant que peu sensibilisés aux avantages de la démarche, y compris économiques.

A cela s'ajoutent des conflits d'usage (agronomiques notamment) et les compétitions avec d'autres filières (alimentaires, énergétiques (sylviculture)...).

Cependant, les gisements importants laissent imaginer une marge de progrès particulièrement importante, dont le principal levier reste une politique publique volontariste quant aux différentes filières de valorisation des ressources.

### **5.7.3. Stratégies et politiques publiques**

#### ***Principaux leviers communs à l'ensemble des pays étudiés***

Les principales actions publiques favorisant la mobilisation de la biomasse agricole concernent la mise en place de systèmes ayant comme objectif de développer la production et/ou la consommation d'énergies renouvelables issues de la biomasse :

- Directement, grâce à des tarifs d'achats intéressants ou des subventions pour la production d'énergie (électricité et chaleur) à partir de la biomasse ;
- Ou indirectement, en subventionnant le développement de technologies dédiées (Allemagne, Italie) ou en participant au financement de projets de recherche.

Des réglementations contraignantes gravent dans le marbre les objectifs de chaque pays en la matière, et précisent certaines obligations, telle que l'incorporation, en Italie, de biocarburants avancés dans le secteur des transports. On note toutefois certaines variations entre les pays, notamment en fonction du type de ressource biomasse considérée. En Allemagne par exemple, les taillis à courte rotation (TCR) sont particulièrement subventionnés.

Par ailleurs, le développement de systèmes de certificats verts est communément répandu et constitue un réel effet de levier.

On note que les critères de durabilité de la ressource et de sa valorisation sont assez peu mis en avant, si ce n'est dans le cas des biocarburants.

#### ***Pratiques moins répandues, mais avec des résultats probants***

Plusieurs initiatives, réalisées à titre expérimental ou sur certains territoires pilotes, permettent de favoriser de manière significative la mobilisation de la biomasse :

- Subvention d'unités pionnières de transformation de la biomasse (Italie) ;
- Mise à disposition des agriculteurs de cartes de rendements des cultures dédiées, contractualisation pluriannuelle avec les agriculteurs (Royaume-Uni) ;
- Mise en place d'un réseau d'approvisionnement en biomasse pour tous les usages (Pays-Bas).



## 6. Recommandations opérationnelles : cinq leviers pour une mobilisation efficace de la biomasse agricole

Au vu des freins et leviers à la mobilisation de la biomasse en France identifiés précédemment et sur la base des mesures mises en œuvre dans les pays de l'Union européenne étudiés, les cinq leviers principaux ci-dessous ont été identifiés avec l'aide d'experts :

- La **recherche et le développement** de solutions et d'outils (techniques et économiques) adaptés à la biomasse agricole, pour sa mobilisation et sa valorisation ;
- La **capitalisation des connaissances et des bonnes pratiques et leur communication** ;
- La **mise en cohérence des réglementations** à tous les niveaux du maillage territorial et la création de **mécanismes de soutien financier** adaptés ;
- La **formation et la sensibilisation** des acteurs **et leur accompagnement** ;
- L'**évaluation de la durabilité** des filières.

Les paragraphes qui suivent regroupent les mesures spécifiques qui pourraient permettre d'activer ces cinq leviers. Le type de biomasse concerné est précisé pour chaque mesure.

### 6.1. Recherche et développement

La recherche et le développement sont nécessaires pour lever un certain nombre de barrières techniques et économiques à la mobilisation. Il s'agit à la fois de développer de nouvelles technologies, d'améliorer les technologies et techniques existantes et de développer des outils d'aides à la décision pour permettre aux utilisateurs de mieux connaître les ressources disponibles localement et aux producteurs de mieux connaître les possibilités de valorisation de la biomasse.

Voici les mesures qui en découlent :

- **Imaginer et développer les technologies nécessaires à l'utilisation de la biomasse agricole** pour des usages innovants, par exemple pour une utilisation des résidus de cultures et des cultures pérennes pour la production de biocarburants ;
- **Mettre au point et/ou améliorer le matériel de récolte et de densification de la ressource à des coûts abordables** pour l'agriculteur (résidus de cultures annuelles, herbes de prairies et de surfaces non agricoles) ;
- **Développer et diffuser des traitements permettant la déshydratation de la biomasse** afin de diminuer les coûts de transport (tout type de biomasse) ;
- **Améliorer la flexibilité des chaudières pour permettre l'utilisation de plusieurs types de biomasse agricole**. Cela permettrait de diversifier les substrats pouvant être utilisés et de garantir une continuité de l'approvisionnement en biomasse des unités de combustion, même en cas d'événement (climatique par exemple) réduisant la disponibilité d'un type de biomasse (tout type de biomasse) ;
- **Améliorer la connaissance sur les composantes financières** de la mobilisation de chaque type de biomasse, afin d'identifier les principaux postes de coûts, les inefficiences rencontrées et les paramètres pouvant être améliorés (tout type de biomasse) ;
- **Étendre la connaissance des services environnementaux et sociaux rendus par la production de biomasse agricole** pour des usages non alimentaires, par exemple l'effet des cultures pérennes et de l'agroforesterie sur l'érosion ou sur la biodiversité, l'effet de la mobilisation des herbes de prairies sur le maintien de celles-ci et son effet sur les paysages, la biodiversité et le stockage de carbone des sols. La mise en lumière de ces services ouvre la possibilité d'une valorisation économique de ces services, et par voie de conséquence, de la production des types de biomasse concernées (tout type de biomasse) ;
- **Améliorer l'acquisition de connaissance des ressources par région**, afin de permettre une meilleure estimation des matières premières disponibles pouvant inciter les unités et industries valorisant la biomasse à s'implanter dans la région (tout type de biomasse, notamment haies et agroforesterie).

A noter que les mesures spécifiques à chaque type de biomasse sont proposées au sein de la partie 2.



## 6.2. Développement de nouveaux instruments politiques et adaptation des instruments existants

La mise en place et le renforcement d'instruments politiques ont pour objectif d'encourager le développement de nouveaux marchés, en augmentant la demande en biomasse agricole, notamment pour des usages à haute valeur ajoutée, et de soutenir la production de biomasse agricole à des fins non alimentaires.

Les instruments proposés ici sont majoritairement d'ordre économique pour améliorer la rentabilité de la mobilisation de la biomasse.

Pour le producteur :

- **Développer des outils permettant de faciliter la contractualisation pluriannuelle**, ce qui permettrait de garantir un revenu régulier à l'agriculteur, lisser les prix des matières premières (résidus de cultures annuelles), soutenir la production de cultures pour lesquelles le retour sur investissement n'est pas immédiat (cultures pérennes). Les outils devront prendre en compte les spécificités de chaque type de biomasse. Pour le bois de bocage par exemple, le système de contractualisation doit être différent de celui de la mobilisation de la biomasse forestière car l'assolement et la mobilisation sont différents, induisant des échelles de prix différentes ;
- **Proposer une garantie des risques** pour pallier les éventuelles fluctuations de rendement entre les années, en cas de sécheresse par exemple (résidus de cultures annuelles, bocages et agroforesterie). Outre les subventions éventuelles liées à la prise de risque, une réflexion commune avec les sociétés d'assurance est à envisager ;
- **Proposer des subventions permettant de pallier les coûts de récolte élevés** (herbes de prairies et de surfaces non agricoles, haies et agroforesterie) ;
- **Inclure la production de biomasse agricole dans les mesures agro-environnementales et climatiques**, que ce soit directement, via une mesure mentionnant explicitement ces cultures pour des usages non alimentaires, ou indirectement, via les mesures concernant le sol notamment, en cours de discussion.

Pour l'utilisateur :

- **Proposer des aides à l'investissement pour l'acquisition de matériel** permettant de réduire les coûts de logistique en lien avec le regroupement et la densification (résidus de cultures, herbes de prairies et de surfaces non agricoles) ;
- **Mettre en place un label permettant de mettre en avant le caractère local des ressources et valoriser l'approvisionnement durable et de proximité** (tout type de biomasse) ;
- **Proposer des crédits d'impôts pour encourager les initiatives de valorisation innovantes**, qui permettraient par exemple de soutenir la création de produits à haute valeur ajoutée (cultures annuelles, lin, chanvre) ;
- **Proposer des aides pour le développement de solutions innovantes** permettant de mieux gérer l'approvisionnement en biomasse et son utilisation (tout type de biomasse) ;
- **Mettre en place une taxation carbone pour les matériaux et la chimie**, à l'instar de ce qui existe pour l'énergie, pour encourager l'usage de la biomasse agricole par rapport aux ressources fossiles (cultures pérennes, haies et agroforesteries).

Comme indiqué précédemment, les mesures spécifiques à chaque type de biomasse sont proposées au sein de la partie 2.

## 6.3. Capitalisation des connaissances et des bonnes pratiques

Le processus d'acquisition des connaissances est indispensable pour améliorer la mobilisation et concerne principalement la production de la biomasse agricole.

- **Concevoir, réaliser et mettre à disposition des outils recensant les bonnes pratiques et les moyens nécessaires à leur mise en œuvre** (tout type de biomasse, notamment les résidus de cultures annuelles, CIVE) ;



- **Réaliser des fiches d'exportations régionalisées**, permettant aux agriculteurs de connaître la quantité de résidus de cultures pouvant être utilisés à des fins non alimentaires sans risque de diminuer la fertilité des sols si une partie des résidus n'est pas retournée au sol ;
- **Valoriser les initiatives collectives et/ou collaboratives**, afin de disposer d'informations sur les bonnes pratiques en termes de mutualisation des connaissances, du matériel, des infrastructures et des coûts. Par ailleurs, une mise en lumière de ces initiatives peut inciter les producteurs à intégrer celles-ci (tout type de biomasse) ;
- **Analyser et partager les retours d'expérience**, que ce soit les initiatives à succès ou celles ayant échoué afin d'en tirer les leçons associées (tout type de biomasse) ;
- **Améliorer la capitalisation sur les projets en cours et identifier l'organisme centralisant les connaissances et animant le réseau technique** (tout type de biomasse, notamment les CIVE et les effluents d'élevage) ;
- **Mettre en avant les externalités positives liées à la production de biomasse**, proposer une approche territoire, proposer la mise en place de cultures pérennes sur les aires de protection des bassins de captages, utiliser les terres abandonnées, etc. (cultures pérennes) ;
- **Mettre en place des expérimentations sur une période longue** afin de rendre compte de la rentabilité des cultures, des difficultés rencontrées et des bénéfices environnementaux des cultures pérennes sur le long terme.

#### 6.4. Formation et sensibilisation

En lien avec l'acquisition de connaissances, un manque de sensibilisation à l'utilisation de la biomasse agricole a été identifié auprès des producteurs comme des utilisateurs. La mise en place de démarches de sensibilisation et de formations permettraient de répondre aux questions des producteurs et des utilisateurs concernant la biomasse disponible, les pratiques agricoles nécessaires à la production de la biomasse ou encore des débouchés possibles.

- **Développer une culture bioéconomique des agriculteurs et de leurs interlocuteurs terrain.** Sensibiliser les producteurs et les utilisateurs de biomasse agricole aux bénéfices économiques liés à l'économie de ressources et à la valorisation des déchets des productions agricoles pourrait inciter les acteurs à s'engager dans ce type d'initiatives (tout type de biomasse) ;
- **Assurer une présence terrain, pour contrer les idées reçues et leur dissémination.** La plupart des agriculteurs sont en contact régulier avec des techniciens. Formés de manière judicieuse, ces techniciens pourraient être des vecteurs de sensibilisation des agriculteurs quant aux différents débouchés de la biomasse agricole et assurer un accompagnement technique spécifique (tout type de biomasse) ;
- **Développer une vision de l'exploitation de la biomasse à l'échelle de l'exploitation agricole** en sensibilisant et en formant les agriculteurs à identifier la biomasse agricole et le potentiel d'exploitation de la biomasse sur leur exploitation (tout type de biomasse) ;
- **Adapter les accompagnements techniques à la taille des exploitations et à la biomasse disponible**, afin de prendre en compte les capacités humaines et économiques de l'agriculteur, ainsi que ses habitudes de production (tout type de biomasse) ;
- **Partager les complémentarités d'usages.** Une sensibilisation des agriculteurs concernant l'impact de l'utilisation des effluents d'élevage pour la méthanisation sur la matière organique des sols est nécessaire : le digestat pouvant être épandu à la suite de la méthanisation, il n'y a pas de compétition d'usage entre l'utilisation comme fertilisant et la méthanisation. Une connaissance fine du contenu en éléments minéraux du digestat est nécessaire pour adapter la quantité de digestat à épandre et limiter les impacts environnementaux liés à l'épandage ;
- **Informier et accompagner les agriculteurs et les constructeurs à la mise en place de structures de valorisation des effluents**, dès la conception des bâtiments, étant donné la



complexité et le coût de la mise en place de structures de valorisation des effluents à partir des bâtiments existants (effluents d'élevage) ;

- **Sensibiliser et former les industriels au réglage des chaudières permettant de limiter davantage les émissions dans l'air** (résidus de cultures annuelles, issues de silos) ;
- **Proposer des fiches d'informations concernant les rendements des cultures pérennes** selon les territoires d'implantation. Cela permettrait aux agriculteurs d'étudier plus finement l'intérêt de la mise en place de telles cultures sur leurs exploitations ;
- **Former les agriculteurs à la conception des séquences culturales et des systèmes de cultures** lors de la production de CIVE (ex. : 3 cultures sur 2 ans).

### 6.5. Construire la durabilité des filières

La durabilité de la production et de la mobilisation de la biomasse agricole doit être renforcée et valorisée.

- **Déterminer les usages à prioriser** : une première étape est d'identifier les enjeux relatifs aux concurrences d'usages. Il s'agira ensuite de déterminer les critères de priorisation des services rendus par les usages. Pour ce faire, les organismes porteurs de ces travaux devront être identifiés et les modalités de validation des choix de priorisation définis ;
- **Réaliser une évaluation multicritère de la production et de l'utilisation de la biomasse agricole pour l'ensemble des usages**. Les biocarburants de première génération ont déjà fait l'objet de nombreuses études évaluations environnementales de types analyse de cycle de vie (ACV). Il serait pertinent d'avoir davantage d'information sur les autres usages afin de s'assurer de leur impact sur l'environnement et éventuellement de pouvoir les prioriser ;
- **Améliorer la méthodologie d'évaluation environnementale**, notamment en ce qui concerne les services écosystémiques, le stockage de carbone dans les prairies et les changements d'affectation directs et indirects des sols ;
- **Développer des indicateurs de suivi simples**, notamment pour le suivi de la biodiversité et des services écosystémiques.



## 7. Conclusion : Construire le chemin vers une mobilisation de la biomasse agricole à haute valeur ajoutée

### 7.1. Orientations stratégiques

Les leviers opérationnels décrits précédemment permettent d'imaginer les solutions concrètes aux questions posées par l'analyse prospective et les efforts importants à entreprendre d'ici à 2035 puis 2050. Leur bonne activation est une condition nécessaire pour la réalisation des scénarios prospectifs dans leur variante les plus ambitieuses. Mais ce n'est pas une condition suffisante.

En effet, ces leviers s'articulent autour de trois enjeux transverses qui représentent autant d'obstacles à une évolution massive telle que celle envisagée dans les scénarios.

#### **De nombreuses incertitudes compliquent la prise de décision, et rendent la prise de recul difficile vis-à-vis des scénarios prospectifs**

Aujourd'hui, la connaissance de la mobilisation de la biomasse en France n'est pas complète. Il est particulièrement difficile de recueillir une information et des données de qualité homogène sur l'ensemble du territoire et pour la totalité des ressources. Il existe par exemple un grand nombre d'expérimentations et de projets de recherche et développement assez peu ou pas documentés dans la littérature publique.

Cette difficulté à identifier et à consolider de l'information de manière remontante, malgré certaines études bien documentées, se retrouve également dans la diffusion descendante, jusqu'au terrain, d'informations et de bonnes pratiques en lien avec le développement de la mobilisation de la biomasse.

Une autre source d'incertitudes se trouve dans l'évolution à venir des pratiques et des usages, du fait notamment des freins économiques et sociologiques rencontrés sur le terrain. Le coût aujourd'hui faible des énergies fossiles par rapport aux énergies renouvelables est un frein concurrentiel important.

Ainsi, les deux scénarios reposent sur de nombreuses hypothèses, qui trouveront une concrétisation difficile à estimer à l'heure actuelle.

#### **Les ressources locales et diffuses pénalisent la rentabilité des filières**

A l'exception de certains usages à forte valeur ajoutée, comme la pharmacie ou la cosmétique, la mobilisation de la biomasse agricole se confronte de manière récurrente et défavorable à la question de la rentabilité de ses filières de valorisation. Les raisons de ces difficultés sont nombreuses – technologiques, logistiques, sociologiques – et la conséquence principale est une valeur ajoutée marginale (ou négative) au regard des coûts de production.

Certes, certaines aides financières ou obligations réglementaires ont permis quelques avancées technologiques, mais elles restent mineures au regard de l'immense défi que représente le saut de compétitivité massif que devront réaliser les filières biomasse dans les vingt prochaines années.

#### **Un enjeu majeur autour des concurrences d'usages**

L'enjeu de la mobilisation de la biomasse agricole est de prioriser et d'arbitrer entre les différents usages. Le parti pris actuel est le plus souvent de favoriser l'usage agronomique (retour au sol) et l'alimentation humaine et animale au détriment des autres usages. Cette première orientation peut freiner la valorisation énergétique des résidus de cultures. Les agriculteurs ne veulent pas prendre le risque d'exporter trop de matière organique au détriment de la fertilité de leurs sols. Favoriser les autres usages est en revanche clairement une incitation au développement des cultures annuelles destinées à la méthanisation, et des usages à forte valeur ajoutée tels que les biomatériaux ou la chimie fine, et en partie pour la production de biocarburants de seconde génération qui peuvent nécessiter la production de cultures dédiées. Une réflexion globale sur les usages à prioriser et les critères de priorisation serait pertinente dans le cadre de l'élaboration d'une stratégie de mobilisation de la biomasse : Pourquoi et comment justifier les différentes orientations?

On peut noter la possibilité de valoriser des terres marginales et non agricoles (ex. : herbe de surfaces non agricoles, surfaces utilisées pour la production de cultures pérennes) qui peuvent représenter une quantité de ressource non négligeable mais qui reste à estimer.

### 7.2. Trois défis structurels pour une mobilisation massive de la biomasse agricole

Face à ces trois enjeux, trois grands défis devront être relevés, d'une manière ou d'une autre, pour permettre d'impulser la mobilisation des filières agricoles, à la hauteur des objectifs nationaux en matière d'énergie, de climat, d'alimentation, d'agronomie ou de ressources.



### **Défi n°1 : développer de nouveaux schémas de rentabilité économiques, en complément des schémas classiques**

Comme énoncé précédemment, la biomasse agricole, dans la grande majorité des cas, est une ressource locale, diffuse, dont la valeur économique est souvent relativement faible. Pour renverser une situation largement favorable aux énergies fossiles, il est nécessaire d'agir simultanément sur plusieurs leviers politiques complémentaires :

- valoriser économiquement les services environnementaux, sociaux et sociétaux rendus par les cultures (services écosystémiques, qualité des eaux sous-terraines, maintien de variétés) ;
- accroître l'effort pour le développement des technologies et des modes de financement spécifiques à une valorisation (notamment locale) de la biomasse agricole ;
- replacer les détenteurs de biomasse au centre des filières et partager les risques de manière plus équilibrée.

### **Défi n°2 : favoriser l'émergence d'une intelligence collective, du niveau local au niveau national**

Le second défi à relever concerne la nécessité de construire un maximum de démarches en lien avec la mobilisation et la valorisation de la biomasse dans une perspective collective.

Cette approche constitue la clé de voute de l'ensemble des enjeux que nous venons de citer, pour atteindre les objectifs ambitieux cités précédemment. Elle est nécessaire :

- dans une logique remontante, afin de faciliter la capitalisation des connaissances afin de mieux connaître les gisements, les qualifier, etc. ;
- dans une logique descendante, afin de partager les bonnes pratiques et surtout de mettre en cohérence le cadre législatif, réglementaire et politique qui régit la mobilisation de la biomasse et sa valorisation ;
- et dans une logique horizontale, afin de construire
  - localement, dans des dialogues multi-acteurs, les solutions adaptées à la situation locale ;
  - et nationalement, dans les orientations stratégiques multidisciplinaires, un cadre cohérent qui n'oppose pas les enjeux mais consolide leur complémentarité.

Elle nécessite une coordination de l'ensemble des acteurs institutionnels dans un premier temps, à tous les échelons territoriaux, et de l'ensemble des parties prenantes de la chaîne de valeur dans un second temps, afin d'assurer la massification des actions mises en œuvre.

### **Défi n°3 : Articuler le court, le moyen et le long terme**

Au vu des besoins aux horizons 2035 et 2050, notamment en biocarburants et en matériaux biosourcés, la question de l'occupation des sols se doit d'être posée. Deux propositions permettant de développer des cultures dédiées, sans toucher à la SAU, peuvent être envisagées, à condition de promouvoir une évolution des réglementations et des soutiens financiers leur permettant d'émerger. La première consiste à cibler, dans un premier temps (d'ici à 2035) les surfaces marginales pour le développement de ces cultures. La seconde, dans un second temps (2035-2050), s'appuie sur la projection du scénario Afterre, qui prévoit une diminution progressive de la SAU totale, et donc un accroissement des terres disponibles pour d'autres usages, tout en intégrant l'artificialisation jusqu'en 2035.

Toujours à long terme, l'évolution des pratiques pourrait permettre d'envisager une production de ces ressources sans recourir aux surfaces agricoles, en développant de nouvelles technologies hors-sol par exemple. Ces évolutions futures nécessitent de renforcer les études prospectives et de R&D, toujours dans une logique de performance écosystémique entre usages.

Ces propositions sont intimement liées à des évolutions sociologiques et comportementales fortes concernant nos modes d'alimentation, qui auront de nombreux effets sur l'évolution de la mobilisation de la biomasse (développement des infrastructures agro-écologiques, de l'agroforesterie, etc.), mais dont les conséquences globales restent à décrire.

Enfin, il est nécessaire de penser en cohérence l'ensemble des modifications sociétales, notamment celles en lien avec le changement climatique (valorisation de la biomasse, agro-écologie, densification urbaine, régimes alimentaires moins carnés).





## Bibliographie

- [1] Commissariat Général au Développement Durable - Service de l'Observation et des statistiques, «Bilan énergétique de la France pour 2014,» 2015.
- [2] Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, «Panorama énergétique de la France pour 2014,» 2014.
- [3] EUBIOM, «Européen Biomass Association - rapport annuel,» 2014.
- [4] Agence de l'énergie danoise, «Data, tables, statistisc and maps. Energy statistics 2013,» 2014.
- [5] S2Biom, «Sustainable supply of non-food biomass for a resource efficient bioeconomy. A review paper on the state-of-the-art,» 2014.
- [6] Agence de l'énergie danoise, «Biomass in the Danish energy sector,» 2006.
- [7] FranceAgriMer, «L'observatoire national des ressources en biomasse, Evaluation des ressources disponibles en France,» 2012.
- [8] FranceAgriMer, «L'observatoire national des ressources en biomasse. Evaluation des ressources disponibles en France,» FranceAgriMer, 2015.
- [9] ADEME, «Estimation des gisements potentiels de substrats utilisables en méthanisation,» 2013.
- [10] P. Levasseur, Interviewee, *Estimation fumier/lisier porcs*. [Interview]. 06 2016.
- [11] Degueurce et al. , «Fumiers de bovins, une ressource à fort potentiel pour la filière méthanisation en France ?,» *Sciences Eaux et Territoires*, vol. Hors série, n° %124, 2016.
- [12] ADEME, «Contribution de l'ADEME à l'élaboration de visions énergétiques 2030-2050.,» 2013.
- [13] A. Gac, F. Béline et T. Bioteau, «Flux de gaz à effet de serre (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) et d'ammoniac (NH<sub>3</sub>) liés à la gestion des déjections animales : Synthèse bibliographique et élaboration d'une base de données.,» ADEME, 2006.
- [14] P. Quideau, P. Levasseur, F. Guiziou, A. Charpiot et T. Lendormi, «Intérêts conjugués d'une évacuation rapide des déjections animales,» CASDAR, 2014.
- [15] IFIP, «CASDAR : METTERI,» 2016.
- [16] A. GRANNEC et M.-L. LOUSSOUARN, «Perception sociale de projets de méthanisation agricole en Bretagne. Analyse croisée des regards d'acteurs des territoires, favorables ou opposés aux projets,» Chambres d'agriculture de Bretagne, 2015.
- [17] ANCRE, «Etude GP1A Organisation des filières biomasse pour l'énergie,» 2015.
- [18] ADEME, «Evaluation de la ressource nationale de rafles de maïs semence disponible pour l'énergie,» 2013.
- [19] Services Coop de France, «Fiche Technique n°1 : Les rafles de maïs,» 2015.
- [20] Passion Céréales, «Les filières riz et autres céréales,» 2015.
- [21] Biomasse Territoire, «Comparaison des différents agro-combustibles,» 2012.
- [22] Services Coop de France, «Fiche Technique n°3 : Les menues pailles,» 2015.



- [23] O. Scheurer, «Estimer les disponibilités en biomasse agricoles sur un territoire,» chez *Concevoir et évaluer des approvisionnements en biomasse agricole valorisant les territoires - Colloque OPTABIOM*, 2013.
- [24] Agence Régionale d'évaluation Environnement et Climat (ARECPC), «Gisement régionaux de biomasse. Résidus de culture,» 2009. [En ligne]. Available: [http://www.arecpc.com/c\\_24\\_48\\_Residus\\_de\\_culture.html](http://www.arecpc.com/c_24_48_Residus_de_culture.html). [Accès le 05 2016].
- [25] Solagro, «Valorisation énergétique de la biomasse en Poitou Charentes : Etats des lieux et perspectives,» 2007.
- [26] Ecofys, «Low ILUC potential of wastes and residues for biofuels. Straw, forestry residues, UCO, corn cobs,» 2013.
- [27] Agence Régionale d'évaluation Environnement et Climat (ARECPC), «Gisements régionaux de résidus de culture,» 2009. [En ligne]. Available: [http://www.arecpc.com/c\\_24\\_48\\_Fiche\\_114\\_0\\_Gisements\\_regionaux\\_de\\_residus\\_de\\_culture.html](http://www.arecpc.com/c_24_48_Fiche_114_0_Gisements_regionaux_de_residus_de_culture.html). [Accès le 05 2016].
- [28] M. L. Savouré, Interviewee, *Agro-Transfert*. [Interview]. 2016.
- [29] C. Cyril Flamin, Interviewee, [Interview]. 2016.
- [30] C. Poutrin, Interviewee, *Services Coop de France*. [Interview]. 2016.
- [31] Solagro, «Un scénario soutenable pour l'agriculture et l'utilisation des terres en France à l'horizon 2050,» 2014.
- [32] Réseau Rural, «Réfléchir à un approvisionnement : Comparaison des différents agro-combustibles,» 2012.
- [33] Services Coop de France, «Fiche technique n°6 : Les pailles de colza,» 2015.
- [34] Agreste, «La méthanisation en Poitou-Charentes : état des lieux et potentialités,» 2014.
- [35] HoST Bio-Energy Installations, «Projet de Microméthanisation GAEC des Buissons,» 2016.
- [36] Biogaz Europe, «Visites Techniques : GAEC des buissons, AgriBioMéthane,» 2015. [En ligne]. Available: [http://www.biogaz-europe.com/Visites-techniques\\_510.html?f1=FR](http://www.biogaz-europe.com/Visites-techniques_510.html?f1=FR).
- [37] Services Coop de France, «Fiche technique n°4 : Les pailles de céréales,» 2015.
- [38] ADEME, «Les exemples à suivre : La chaufferie paille/bois Agroénergie au service du CEA de Valduc,» 2006.
- [39] Cristal Union, «De nouvelles énergies pour une réussite durable».
- [40] Coopernergie, «Les pailles de céréales. Une solution énergétique,» 2009.
- [41] Solagro, «Développement de la méthanisation en Ile de France,» 2013.
- [42] La coopération agricole, «Limagrain inaugure la première chaudière à rafles de maïs en Europe,» 2014.
- [43] Total, «BioTfuel: convertir des résidus végétaux en carburants,» 2016.
- [44] Projet Futurol, «Dossier de presse : Inauguration de l'usine pilote».
- [45] S. Latieule, *FormuleVerte.com*, 2015.



- [46] FCBA, «Caractérisation de bassins d'approvisionnement en vue de l'implantation d'une bioraffinerie : Exemple d'une méthodologie illustrée dans le cadre du projet Gaya,» 2014.
- [47] F. d. C. d. B.-N. François Xavier Babin, Interviewee, [Interview]. 2016.
- [48] Alter'énergies, «État des lieux des agromatériaux pour la construction en région Centre,» 2011.
- [49] Réseau Rural, «Réfléchir à un approvisionnement : Autres agro-comustibles,» 2012.
- [50] «BIOCORE, Complementarities between Biotechnologies and Chemistry,» [En ligne]. Available: <http://www.biocore-europe.org/page3e7c.html?optim=Complementarities-between-Biotechnologies-and-Chemistry>.
- [51] BIOCORE, «Building tomorrow's biorefineries, Findings from case studies performed in the framework of the FP7 project BIOCORE,» 2014.
- [52] La France Agricole, «Un nouveau procédé pour fractionner la lignocellulose,» 2014.
- [53] INRA, «Un nouveau procédé Inra pour le bio-raffinage du végétal,» 2014.
- [54] Eurocob, «Présentation,» 2013. [En ligne]. Available: <http://www.eurocob.com/presentation>.
- [55] Région Hauts de France, «P.I.V.E.R.T,» 2013.
- [56] Arvalis, «Mobiliser les co-produits et résidus de culture à des fins énergétiques, programme REGIX,» 2012.
- [57] RMT Biomasse, «La valorisation non alimentaire de la biomasse. Les différentes voies, la taille des procédés et les modes de gestion,» 2009.
- [58] AEBIOM, «European bioenergy outlook 2013,» 2013.
- [59] S. U. Francesco Cherubini, «Crop residues as raw materials for biorefinery systems – A LCA case study,» 2009.
- [60] E. Almansour, J.-F. Bonnet et M. Heredia, «Potentiel de production de biogaz à partir de résidus agricoles ou de cultures dédiées en France,» 2009.
- [61] «Bioénergie international, De l'alimentation du bétail à la production d'énergie, la paille diversifie ses applications,» 2007. [En ligne]. Available: <http://www.bioenergie-promotion.fr/8470/de-l'alimentation-du-betail-a-la-production-denergie-la-paille-diversifie-ses-applications/>.
- [62] C. C., «Composés Organiques Volatils du Silicium et sulfure d'hydrogène Analyse – Traitement – Impact sur la valorisation des biogaz,» 2011.
- [63] Coordination Rurale Centre, «5ème programme d'actions Nitrates : la gestion de la couverture des sols pendant les intercultures,» 2014.
- [64] ADEME, «Etude bibliographique sur la combustion de produits issus de cultures annuelles (blé, paille, maïs),» 2006.
- [65] INRA, Agro-Transfert, «SIMEOS AMG : Outils de Simulation de l'Etat Organique des Sols».
- [66] Coopénergie, «Exporter des pailles sans risque pour l'état organique des sols,» 2008.
- [67] Alim'agri, «Le plan energie methanisation autonomie azote,» 2013.
- [68] Alim'agri, «Volet méthanisation : questions et réponses,» 2013.



- [69] Services Coop de France, «Les Issues de silos, fiche technique n°7,» 2015.
- [70] Energivie.info, «Etat des lieux des gisements et de la gestion de la matière organique en Alsace, perspectives de développement des installations de production de biogaz,» 2013.
- [71] Agreste, «La méthanisation en Poitou-Charentes : état des lieux et potentialités,» 2014.
- [72] Fédération Régionale des Coopératives de la Région Nord, «Inventaire du gisement « biomasse » en région Nord-Pas de Calais,» 2010.
- [73] Réseau Rural et périurbain, Ile de France, «Valorisation énergétique de la biomasse agricole dans l'Etampois,» 2015.
- [74] R. Rural, «Fiche Nogent sur Seine, Chaufferie et réseaux de chaleur,» 2012.
- [75] Atee, «Site de méthanisation, Bioénergie de le BRIE,» 2013.
- [76] ADEME, «Panorama des coproduits et résidus biomasse à usage des filières chimie et matériaux biosourcés en France,» 2015.
- [77] Services Coop de France, «Retour d'expérience opérationnelle technologie biomasse : Site de Boortmalt,» 2014.
- [78] ANCRE, «Etude GP1A Organisation des filières biomasse pour l'énergie, Synthèse des livrables et conclusions,» 2015.
- [79] AREC, Agence Régionale d'évaluation Environnement Climat, «Gisements régionaux de sarments de vigne».
- [80] EuroPruning, «D3.1. Mapping and analysis of the pruning biomass potential in Europe,» 2014.
- [81] IFN-FCBA-Solagro, «Biomasse forestière, populicole et bocagère disponible pour l'énergie à l'horizon 2020,» ADEME, 2009.
- [82] CUMA Basse Normandie, «Valorisation en bois energie de vergers basse-tiges,» 2015.
- [83] Chambre d'Agriculture Provence Alpes Cote d'azur, «Etude de la biomasse agricole et de la première transformation mobilisable en région PACA,» 2009.
- [84] ADEME, «Lexique et coefficient».
- [85] SRCAE Bourgogne, «Energies Renouvelables,» 2011.
- [86] P. B. B. Niang, «Etude sur la valorisation énergétique des sarments de vignes».
- [87] Novotek, «Granulés de sarments, se chauffer aux sarments de vigne,» 2014. [En ligne]. Available: <http://www.chauffage-sarments.fr/>.
- [88] Le Progrès, «Saint-Fons innovation ENGIE invente l'énergie du futur,» 2016.
- [89] I. Proust, «Valoriser les sarments en les brûlant en chaudière,» *Vitisphere*, 2010.
- [90] Réseau Rural, «Réfléchir à un approvisionnement: Ceps et sarments de vigne,» 2012.
- [91] Europruning, «Results of the study of demo site soils,» 2015. [En ligne]. Available: <http://www.europruning.eu/web/data/new.aspx?source=projectupdates&id=1952>.
- [92] S. C. d. France, «Les sarments de vigne, Fiche Technique n°2,» 2015.
- [93] M. Christen, «Valorisation des sous-produits de la vigne : Restitution au sol des sarments, par broyage ou après compostage,» 2008.



- [94] Services Coop de France, «Valorisation des coproduits agricoles : Les sarments de vigne, Fiche Technique n°2,» 2015.
- [95] AFAF, «L'agroforesterie qu'est-ce que c'est ?,» 2016. [En ligne]. Available: <http://www.agroforesterie.fr>.
- [96] N. Malignier, Interviewee, *Chef de projet, en charge de la communication - AFAF*. [Interview].
- [97] F. Le Touzé, Interviewee, *IGN DIRNO – Nantes- Expert forestier*. [Interview]. mai 2016.
- [98] Plan Bois énergie Bretagne, CRAB, AILE, «Estimation de la productivité des haies de l'Ouest de la France,» 2009.
- [99] Agreste, «Evaluation de l'occupation des sols par des Haies et Alignements d'arbres sur des surfaces occupées pour un usage agricole (élevage, culture et autres), en France Métropole – comparaison de L'utilisation du territoire en 2014 et en 2009,» 2015.
- [100] S. Frédéric Coulon, Interviewee, *Chargé de projets Agriculture périurbaine-Paysage-Agroforesterie*. [Interview]. mai 2015.
- [101] Agreste, «Méthodologie - L'utilisation du territoire en 2014 - Teruti-Lucas,» 2015.
- [102] DRAAF Bretagne, «Taux de disparition du linéaire bocager entre 1996 et 2008 - Les linéaires paysagers de Bretagne – Résultats de l'enquête complémentaire TERUTI-LUCAS 2008,» 2008.
- [103] ADEME – Solagro, Biomasse Normandie, BVA et Marketing freelance, «Etude sur le chauffage domestique au bois : marché et approvisionnement,» 2013.
- [104] AILE, «Bilan du Plan bois énergie Bretagne entre 2007 et 2014,» 2015.
- [105] J. Oger, Interviewee, *CBB35*. [Interview]. 2016.
- [106] DRAAF Bretagne, «Évaluation à mi-parcours du programme Breizh Bocage 2007-2013,» 2013.
- [107] Agreste, «Recensement agricole 2014,» 2015.
- [108] AFAF, «programme AGFORWARD - WP1 - Current extents and trend of agroForestry in France,» 2016.
- [109] AGROOF, «Comment produire de la biomasse en agroforesterie? – CASDAR 2009-2011,» 2012.
- [110] ADEME, «Référentiel combustibles bois énergie - définition et exigences,» 2008.
- [111] J. Baudry, «De la haie aux bocages: organisation, dynamique et gestion,» INRA, 2003.
- [112] AILE, «Evaluation du Plan Bois Energie Bretagne 2000-2006,» 2007.
- [113] FRCUMA-AILE, «Rencontres du réseau des filières locales Ouest,» 2014.
- [114] AILE, «Bilan du Plan bois énergie Bretagne 2007-2013,» 2014.
- [115] Chambre d'Agriculture d'Ille et Vilaine, «Guide Pratique – Produire du bois d'œuvre dans le Bocage,» 2015.
- [116] ADEME, «Agriculture & Environnement : des pratiques clefs pour la préservation du climat, des sols et de l'air, et les économies d'énergie, - Réintégrer l'arbre dans les systèmes agricoles pour diversifier la production et renforcer les écosystèmes,» 2015.



- [117] C. Walter, «Le bocage empêche l'érosion du sol et stocke le carbone - l'actualité de la recherche - UMR SAS,» 2007. [En ligne]. Available: <http://www6.rennes.inra.fr/umrsas/content/download/3486/40764/version/1/file/fiche-bocage.doc>.
- [118] INRA, «Agriculture et biodiversité - Valoriser les synergies - Expertise scientifique collective,» 2008.
- [119] Programme AGR'EAU, «Arbres, haies, et bandes végétalisées dans la PAC 2015-2020 – Fiche réglementaire France,» 2015.
- [120] FRCUMA-AILE, «Rencontres du réseau des filières locales Ouest,» Rennes, 2015.
- [121] AFAC, «Construction d'un référentiel sur les coûts d'entretien manuel des haies bocagères - Dans l'objectif de la création d'une MAE linéaire gestion pérenne des haies,» 2015.
- [122] AFAC-Agroforesteries, «Validation de la nouvelle MAEC sur l'entretien manuel du bocage,» 2 Mai 2016. [En ligne]. Available: <http://afac-agroforesteries.fr/validation-de-nouvelle-maec-entretien-manuel-bocage-2/>.
- [123] AFAC, «Notice sur l'importance de l'entretien manuel et durable du bocage,» 2016.
- [124] MAAF, «Plan de développement de l'agroforesterie - Pour le développement et la gestion durable de tous les systèmes agroforestiers,» 2015.
- [125] C. Moret, Interviewee, *Association de Bassin Versant du Léguer - Membre du réseau AFAC*. [Interview]. 2016.
- [126] L. LIGNEAU, Interviewee, *chargée de mission Energie GES Climat - Chambre d'Agriculture de Bretagne*. [Interview]. Janvier 2016.
- [127] ADEME, «Appel à projets BCIAT 2016,» 2016.
- [128] Agreste, «Statistiques Agricoles Annuelles, cultures non alimentaires,» 2016.
- [129] Agreste, «Statistique agricole : cultures fourragères,» 2016.
- [130] Agreste, «Statistique Agricole Annuelle - Céréales, oléagineux et protéagineux,» 2016.
- [131] ADEME, «Méthanisation agricole et utilisation de cultures énergétiques en codigestion,» 2009.
- [132] Agreste, «Statistique Agricole Annuelle Cultures industrielles,» 2016.
- [133] Chambre Agriculture Languedoc Roussillon, «La biomasse agricole : des filières de proximité en Languedoc-Roussillon,» 2008.
- [134] Ladépêche, «Un méthaniseur nourri au maïs CIVE,» 2014.
- [135] Sénat, «De la biomasse à la bioéconomie : une stratégie pour la France,» 2016.
- [136] Alim'agri, «Les biocarburants aéronautiques en France,» 2016.
- [137] Bioénergie, «Saipol investit 28,5 millions d'euros dans les bioénergies sur le port de Sètes,» 2015. [En ligne]. Available: <http://www.bioenergie-promotion.fr/43555/saipol-investit-285-millions-deuros-dans-les-bioenergies-sur-le-port-de-setes/>.
- [138] Avril, «Engagés pour la chimie de demain,» [En ligne]. Available: <http://www.groupeavril.com/fr/metiers/chimie-renouvelable>.



- [139] fdsea, «Les biocarburants,» 2012.
- [140] A.-T. R. e. Territoires, «Evaluation multicritère et aide au choix des approvisionnements,» 2013.
- [141] ADEME, «Analyses de Cycle de Vie appliquées aux biocarburants de première génération consommés en France,» 2010.
- [142] ADEME, «Analyse retrospective des interactions du développement des biocarburants en France avec l'évolution des marchés français et mondiaux (productions agricoles, produits transformés et coproduits) et les changements d'affectation des sols,» 2012.
- [143] ADEME, «Etude complémentaire à l'analyse rétrospective des interactions du développement des biocarburants en France avec l'évolution des marchés français et mondiaux et les changements d'affectation des sols,» 2013.
- [144] Tereos, «Communiqué de presse : Tereos va déployer l'outil d'évaluation de durabilité es exploitations agricoles élaboré par la plateforme SAI,» 2015.
- [145] PIVERT, «Axes stratégiques, GENESYS,» [En ligne]. Available: <http://www.institut-pivert.com/genesys/>.
- [146] RMT Biomasse, «Biomasse énergie : le point sur 15 idées reçues. Eléments d'expertise sur la valorisation énergétique de la biomasse agricole,» 2012.
- [147] EurObserv'ER, «Baromètre biocarburants 2015,» 2015.
- [148] RMT Biomasse, Lignoguide : guide d'aide au choix des cultures lignocellulosiques, 2013.
- [149] C. d. N. p. d. C. Picardie, «Produire des cultures intermédiaires a vocation énergétique,» 2016.
- [150] Agrisalon.com, «Méthanisation à la ferme : un décret, une charte et de l'ambition pour les agriculteurs méthaniseurs,» 2016.
- [151] Avril, «Biodiesel, une énergie renouvelable mal connue,» 2015.
- [152] ADEME, «Etude au champ des potentiels agronomiques, méthanogènes et environnementaux des cultures intermédiaires à vocation énergétique,,» 2013.
- [153] J. T. d. C. Roy, «Dynamiques de l'emploi dans les filières bioéconomiques,» 2016.
- [154] FranceAgriMer, «Coproduits des biocarburants en France : perspectives et conséquences en alimentation animale,» 2010.
- [155] L. Delaby, Interviewee, *INRA*. [Interview]. 2016.
- [156] Biogaz Europe 2014, «Approvisionnement : sécuriser et diversifier,» 2014.
- [157] Agreste, «Productions végétales, occupation du sol,» 2014.
- [158] pleinchamp.com, «Energie : un rôle majeur pour l'agriculture,» 2011. [En ligne]. Available: <http://www.pleinchamp.com/actualites-generales/dossiers/energie-un-role-majeur-pour-l-agriculture>.
- [159] LPO Alsace, «Roselières, prairies et cultures à but énergétique et biodiversité : Etude des opportunités et des risques pour la nature,» 2013.
- [160] M. Rescan, «Le méthane agricole, un nouvel agro-business?,» *Le Monde*, 2013.



- [161] Bioenergie international, «Projet COMBINE, valoriser l'herbe de bord de route comme substrat de méthanisation,» 2013. [En ligne]. Available: <http://www.bioenergie-promotion.fr/31481/projet-combine-valoriser-lherbe-de-bord-de-route-comme-substrat-de-methanisation/>.
- [162] Parc Naturel Régional de Carmagne, «La coupe du roseau».
- [163] Le journal de l'énergie, «Le chardon, la mauvaise herbe qui nous débarasse du pétrole».
- [164] Buzz4bio, «La raffinerie verte : de l'herbe à valeur ajoutée».
- [165] AILE, «COMBINE,» 2014.
- [166] AILE, «Analyse environnementale de deux filières de biomasse herbacée,» 2011.
- [167] AILE, «Fiche pratique : Conditions d'accueil des fauches de bord de route sur une installation de méthanisation,» 2013.
- [168] BIO by Deloitte, FRD, «ONRB : enjeux de la valorisation de la biomasse en matériaux biosourcés,» 2015.
- [169] ADEME, «Evaluation de la disponibilité et de l'accessibilité de fibres végétales à usages matériaux en France,» 2011.
- [170] P. Bono, Interviewee, *Fibres Recherches et Développement*. [Interview]. 2016.
- [171] Lin 2000, Cofely Services, «Chaudière Biomasse Lin 2000».
- [172] JEC Group, «SINFONI : Les matériaux à base de fibres végétales à la une,» 2013.
- [173] C. Chabaud, «Les filières lin et chanvre au coeur des enjeux des matériaux biosourcés émergents,» 2015.
- [174] VICAT, «Systèmes constructifs béton de chanvre : L'expérience et les solutions du groupe VICAT,» 2016.
- [175] ADEME, «Marché actuel des bioproduits industriels et des biocarburants et évolutions prévisibles à échéance 2015/2030,» 2007.
- [176] Terre de Lin, «Communiqué de presse : certification GOTS,» 2012.
- [177] J.-M. Meynard, A. Charlier, F. Charrier, «Notes et études socio-économiques : la diversification des cultures comment la promouvoir?,» 2015.
- [178] CIVAM Eco-territoires, «Le chanvre, vecteur de développement territorial,» 2013.
- [179] P. Bonnard, Interviewee, *FranceAgriMer*. [Interview]. 13 06 2016.
- [180] ADEME/ITCF, Les cultures ligno-cellulosiques et herbacées pour la production de biomasse à usage non alimentaire, 1998.
- [181] E. N'Guyen, Interviewee, *RMT Biomasse et Territoire*. [Interview]. 2016.
- [182] Agreste, Surfaces, productions, rendements de pailles de céréales, cultures non alimentaires, résultats 2014 définitifs et 2015 provisoires, 2015.
- [183] ADEME, «RMT Biomasse énergie ressources et territoires, Cultures énergétiques en zones de captage : perspectives et réalisations,» 2014.
- [184] Solagro, Afterres 2050. Un scénario soutenable pour l'agriculture et l'utilisation des terres en France à l'horizon 2050, 2014.





- [185] D. Alain, «La biomasse énergie: Définitions, ressources et modes de transformation,» Dunod, 2013.
- [186] AILE Projet Green Pellets, Le combustion de biomasse herbacée den chaudière de petite puissance. Résultats de tests et conseils d'utilisation, 2011.
- [187] IFPEN, «Biocarburants de deuxième génération : une nouvelle étape est franchie,» 2015. [En ligne]. Available: [http://www.ifpennergiesnouvelles.fr/content/download/75064/1567623/version/8/file/6-Panorama-2015\\_VF\\_Biocarburant2emeGeneration.pdf](http://www.ifpennergiesnouvelles.fr/content/download/75064/1567623/version/8/file/6-Panorama-2015_VF_Biocarburant2emeGeneration.pdf).
- [188] Valbiom, Wertz J.L, «Bioraffineries de deuxième génération utilisant la vois biochimique,» 2013.
- [189] F. Ferchaud, «Étude des bilans d'eau, d'azote et de carbone dans des agrosystèmes dédiés à la production de biomasse en fonction des espèces et des pratiques culturales,» 2015.
- [190] P. I. Chambre d'agriculture de Seine-Maritime, «Les bandes lignocellulosiques. Fiches techniques : Les BLC de saule, de peuplier et de miscanthus,» 2015.
- [191] Projet SRC +, «Les taillis à courte rotation pour une filière locale de production de chaleur. Critères de durabilité et recommandations pour les taillis à courte rotation.,» 2014.
- [192] RMT Biomasse, «Fiche culture. La non-invasivité du Miscanthus,» 2013.
- [193] P. SRC+, «Production durable de bois déchiqueté à partir de Taillis à (Très) Courte Rotation. Manuel d'utilisation,» 2016.
- [194] ADEME, MAAP, Bio Intelligence Service, «Evaluation de la bibliographie relative aux analyses de cycle de vie (ACV) appliquées aux productions lignocellulosiques,» 2009.
- [195] ADEME ISA, «PHYTENER : développement de la phytostabilisation sur des sols contaminés par des métaux à des fins énergétiques,» 2015.
- [196] Alcimed, «Marchés actuels des produits biosourcés et évolutions à horizons 2020 et 2030,» ADEME, 2015.
- [197] Eurostat, «Utilisation des sols: nombre d'exploitations agricoles et superficies de différentes cultures selon la taille de l'exploitation en SAU et par région NUTS 2 [ef\_oluaareg],» 11 2015. [En ligne]. Available: <http://ec.europa.eu/eurostat/fr/data/database>. [Accès le 02 2016].
- [198] H.-P. Piorr et M. Reutter, «Lineare Landschaftselemente als Agrar-Umwelt-Indikatoren (Linear Landscape Elements as Agricultural Environmental Indicators),» 2002.
- [199] Hedgelink, «About hedgerows, importance of hedgerows,» 2007. [En ligne]. Available: <http://hedgelink.org.uk/index.php?page=16>. [Accès le 08 2016].
- [200] Agreste, «Des équilibres régionaux fragiles pour l'approvisionnement en paille des litières animales,» 2011.
- [201] T. Helin, P. Vesterinen, H. Ahola, K. Niemelä, S. Doublet, C. Couturier, S. Piotrowski, M. Carus, B. Tambuyser, R. Hasija, R. Singh et A. Adholeya, «BIOCORE. Deliverable D1.1: Availability of lignocellulosic biomass types of interest in the study regions,» 2012.
- [202] C. Weiser, V. Zeller, F. Reinicke, B. Wagner, S. Majer, A. Velter et D. Thraen, «Integrated assessment of sustainable cereal straw potential and different straw-based energy applications in Germany,» *Applied Energy*, vol. 114, pp. 749-762, 2014.



- [203] Helmholtz, Centre for environmental research, «The potential of straw for the energy mix has been underestimated,» 2013. [En ligne]. Available: <https://www.ufz.de/index.php?en=35346>. [Accès le 08 2016].
- [204] M. Brander, C. Hutchison, C. Sherrington, A. Ballinger, C. Beswick, A. Baddeley et e. al, «Methodology and evidence base on the indirect greenhouse gas effects of using wastes, residues, and by-products for biofuels and bioenergy—appendix 10 wheat straw case study—Data and Assumptions,» 2009.
- [205] L. Rabou, E. Deurwaarder, H. Elbersen et E. Scott, «Biomass in the Dutch Energy Infrastructure in 2030,» 2006.
- [206] Biomass Energy Centre, «Straw,» 2016.
- [207] Eurostat, «Effectifs d'animaux en décembre par région NUTS 2 [agr\_r\_animal],» 01 2016. [En ligne]. Available: <http://ec.europa.eu/eurostat/fr/data/database>. [Accès le 02 2016].
- [208] Eurostat, «Volaille: nombre d'exploitations et d'animaux selon la taille de l'exploitation en SAU et en effectif de poulets [ef\_lsbroiaa],» 11 2015b. [En ligne]. Available: <http://ec.europa.eu/eurostat/fr/data/database>. [Accès le 02 2016].
- [209] V. Cherrier, B. Grebot, I. Kirhensteine, J. Brutus, K. Taylor, S. Berman et M. Sarteel, «Collection and Analysis of Data for the Control of Emissions from the Spreading of Manure,» European Commission, 2014.
- [210] B. Elbersen, I. Staritsky, G. Hengeveld, L. Jeurissen et J.-P. Lesschen, Outlook of spatial biomass value chains in EU28. Deliverable 2.3 of the Biomass Policies project, 2015.
- [211] FNR, «Bioenergy in Germany: Facts and Figures,» 2014.
- [212] FNR, «Maisanbau in Deutschland,» 2015.
- [213] M. Edel, T. Reinholz, S. Schmatzberger, B. Elbersen, A. Singh et C. Panoutsou, «Briefing: Biomass potentials and value chains in Germany,» 2015.
- [214] DBFZ, «Stromerzeugung aus Biomasse (Vorhaben Ila Biomasse),» 2015.
- [215] FNR, «Massebezogener Substrateinsatz in Biogasanlagen,» 2015.
- [216] FNR, «Massebezogener Substrateinsatz nachwachsender Rohstoffe in Biogasanlagen,» 2015. [En ligne]. Available: <https://mediathek.fnr.de/grafiken/daten-und-fakten/bioenergie/biogas/massebezogener-substrateinsatz-nachwachsender-rohstoffe-in-biogasanlagen.html>. [Accès le 07 2016].
- [217] FNR, «Massebezogener Substrateinsatz von Wirtschaftsdüngern in Biogasanlagen,» 2015. [En ligne]. Available: <https://mediathek.fnr.de/grafiken/daten-und-fakten/bioenergie/biogas/massebezogener-substrateinsatz-von-wirtschaftsduengern-in-biogasanlagen.html>. [Accès le 07 2016].
- [218] FNR, «Entwicklung Biogasanlagen,» 2015.
- [219] M. Edel, K. Völler et T. Reinholz, «Annex to the Deliverable 3.2 Benchmarking Report- Bioenergy overview of Germany,» 2015.
- [220] FNR, «Stromerzeugung aus Biomasse,» 2015.
- [221] FNR, «Biokraftstoffverbrauch Deutschland 2014,» 2015.
- [222] FNR, «Rohstoffquellen für Bioschmierstoffe,» 2014.



- [223] FNR, «Stoffliche Einsatzmengen organischer Rohstoffe in der chemischen Industrie in Deutschland 2011,» 2013.
- [224] M. Adler, A. Sanderson et R. Paul, «Perennial Forages as Second Generation Bioenergy Crops,» 2008.
- [225] Z. Qin, Q. Zuang et M. Chen, «Impacts of land use change due to biofuel crops on carbon balance, bioenergy production, and agricultural yield, in the conterminous United States,» *GCB Bioenergy*, vol. 4, p. 277–288, 2012.
- [226] J. P. McCalmont, A. Hastings, N. P. McNamara, G. M. Richter, P. Robson, I. S. Donnison et J. Clifton-Brown, «Environmental costs and benefits of growing Miscanthus for bioenergy in the UK,» *GCB Bioenergy*, 2015.
- [227] M. Schorling, C. Enders et C. A. Voigt, «Assessing the cultivation potential of the energy crop Miscanthus × giganteus for Germany,» 2014.
- [228] H. Uellendahl, G. Wang, H. Møller, U. Jørgensen, I. Skiadas, H. Gavala et B. Ahring, «Energy balance and cost-benefit analysis of biogas production from perennial energy crops pretreated by wet oxidation,» 2008.
- [229] Iqbal, Yasir; Lewandowski, Iris, «Inter-annual variation in biomass combustion quality traits over five years in fifteen Miscanthus genotypes in south Germany,» *Fuel Processing Technology*, vol. 121, pp. 47-55, May 2014.
- [230] C. Huyghe, A. De Vliegher, B. van Gils et A. Peeters, *Grasslands and Herbivore Production in Europe and Effects of Common Policies*, 2014.
- [231] C. Rösch, J. Skarka, K. Raab et V. Stelzer, «Energy production from grassland – Assessing the sustainability of different process chains under German conditions,» *Biomasse & Energy*, vol. 33, p. 689 – 700, 2009.
- [232] C. Herrmann, *Biomass from landscape management of grassland used for biogas production: effects of harvest date and silage additives on feedstock quality and methane yield*, 2013.
- [233] B. Tonn, «Semi-natural grassland biomass for combustion: influence of botanical composition, harvest date and site conditions on fuel composition,» 2010.
- [234] FNR, «Energiepreisentwicklung,» 2015.
- [235] S2BIOM, «Overview report on the current status of biomass for bioenergy, biofuels and biomaterials in Europe,» 2015.
- [236] B. Kretschmer, B. Allen et K. Hart, «Mobilising cereal straw in the EU to feed advanced biofuel production,» 2012.
- [237] M. Holzer, «The Common Agricultural Policy and Feedstock Mobilisation,» 2013.
- [238] ARBOR, «Nutrient recovery from digestate,» 2015.
- [239] S. Luostarinen, «Energy Potential of Manure in the Baltic Sea Region: Biogas Potential & Incentives and Barriers for Implementation,» 2013.
- [240] Best4VarioUse, «Best practices and Technologies to Develop Green Wastes and Residues as Raw Materials for Variants of Utilization,» 2012.
- [241] BMWI, «Act on the Development of Renewable Energy Sources (Renewable Energy Sources Act - RES Act 2014),» 2014.



- [242] Eurostat, «Headline indicators: Scoreboard, Europe 2020 strategy,» 2015.
- [243] GreenGain.eu, «Report on the state of the art of the occurrence and use of LCMW material for energy consumption in Europe and examples of best practice,» 2016.
- [244] INRO, «Sustainability Criteria for the material use,» 2013.
- [245] L. Pelkmans, M. Edel, T. Reinholz, K. Völler et S. Schmatzberger, «National policy landscapes: Germany,» 2014.
- [246] P. Hockenos, «The role of biofuel and hydrogen in Germany's transport Energiewende,» 2016. [En ligne]. Available: <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/role-biofuel-and-hydrogen-germanys-transport-energiewende>.
- [247] DENA, «Biomass policies – Renewable Energy Sources in Germany 2013 (update),» 2014.
- [248] D. Thrän, «IEA Bioenergy Task 40: Country Report Germany 2014,» 2015.
- [249] Observ'ER, «Italy's Second Progress Report under Directive 2009/28/EC,» 2013.
- [250] ENEA, «[http://www.iea-bioenergy.task42-biorefineries.com/upload\\_mm/5/0/1/6191bfee-277e-449c-8458-8168fe31894f\\_de\\_bari\\_italy\\_country\\_report\\_2014.pdf](http://www.iea-bioenergy.task42-biorefineries.com/upload_mm/5/0/1/6191bfee-277e-449c-8458-8168fe31894f_de_bari_italy_country_report_2014.pdf),» 2014.
- [251] V. Pignatelli, «Sustainable bioenergy projects in Italy,» 2012.
- [252] L. Benedetti, «Bioenergy in Italy,» 2015.
- [253] A. Molino, «Gasification Survey Country: Italy,» 2012.
- [254] G. Carrosio, «Energy production from biogas in the Italian countryside: Policies and organizational models,» 2013.
- [255] REMOTE, «Application Feature: Largest Biomass Power Station in Italy Commissions Advanced SCADA System,» 2013. [En ligne]. Available: <http://www.remotemagazine.com/main/articles/application-feature-largest-biomass-power-station-in-italy-commissions-advanced-scada-system/>. [Accès le 08 2016].
- [256] CPL Concordia, «Electricity Power generated with zero emissions by the largest biomass power station in Italy,» 2014.
- [257] M. Spöttle, S. Alberici, G. Toop, D. Peters, L. Gamba et S. Ping, «Low ILUC potential of wastes and residues for biofuels, Straw, forestry residues, UCO, corn cobs,» 2013.
- [258] EurObserv'ER, «Italy's Second Progress Report under Directive 2009/28/EC,» 2013.
- [259] V. Pignatelli et V. Alfano, «Bioenergy industry and markets in Italy,» 2011.
- [260] V. Pignatelli, «Biomasse - biocarburanti e bioliquidi - Biogas e biometano - chimica verde, stato dell'arte della bioenergia in Italia,» 2013.
- [261] N. Colonna, V. Pignatelli et V. Alfano, «The state of biogas in Italy potential, targets and strategies in the nREAP framework,» 2011.
- [262] M. Cocchi, «IEA Bioenergy task 40 Country profile Italy 2011,» 2012.
- [263] M. M. Alessandra Solazzo, «Ethics and Justice in Climate Change Policies – Report on Italy,» 2015.



- [264] M. Nachmany, S. Fankhauser, J. Davidová, N. Kingsmill, T. Landesman, H. Roppongi, P. Schleifer, J. Setzer, A. Sharman, C. S. Singleton et J. Sundaresan, «Climate change legislation in Italy,» 2015.
- [265] S. Baldi, «Italian Biofuels 2011,» 2011.
- [266] Eurostat, «Headline indicators: Scoreboard Europe 2020 strategy,» 2015.
- [267] RES LEGAL Europe, «Grid Issues in Italy,» 2014. [En ligne]. Available: <http://www.res-legal.eu/search-by-country/italy/tools-list/c/italy/s/res-e/t/gridaccess/sum/152/lpid/151/>.
- [268] RES LEGAL Europe, «Italy: Summary,» 2014. [En ligne]. Available: <http://www.res-legal.eu/search-by-country/italy/summary/c/italy/s/res-e/sum/152/lpid/151/>.
- [269] RES LEGAL Europe, «Promotion in Italy,» 2014. [En ligne]. Available: <http://www.res-legal.eu/search-by-country/italy/tools-list/c/italy/s/res-t/t/promotion/sum/152/lpid/151/>.
- [270] EurObserv'ER, «Country Policy Profile Italy,» 2015.
- [271] E. B. Zane, «Feed-in tariff II (Ritiro dedicato),» 2014. [En ligne]. Available: <http://www.res-legal.eu/search-by-country/italy/single/s/res-e/t/promotion/aid/feed-in-tariff-ii-ritiro-dedicato/lastp/151/>.
- [272] E. B. Zane, «Net-Metering (scambio sul posto),» 2014. [En ligne]. Available: <http://www.res-legal.eu/search-by-country/italy/single/s/res-e/t/promotion/aid/net-metering-scambio-sul-posto/lastp/151/>.
- [273] L. Donat, E. K. Velten et A. Prah, «Assessment of climate change policies in the context of the European Semester, Country Report: Italy,» 2014.
- [274] D. Chinese, «Effects of changes in Italian bioenergy promotion schemes for agricultural biogas projects: Insights from a regional optimization model,» 2014.
- [275] I. D. Bari, «Biorefineries and green chemistry : Italian country report,» 2014.
- [276] E. B. Zane, «Training programmes for Installers,» 2014. [En ligne]. Available: <http://www.res-legal.eu/search-by-country/italy/single/s/res-e/t/policy/aid/training-programmes-for-installers-1/lastp/151/>.
- [277] EurObserv'ER, «Biogas barometer 2014,» 2014.
- [278] Center for Sustainable Human Development, «Global Assessment on Total Biomass from Crop Residues of Selected Crops in Selected Regions».
- [279] C. S. Goh, M. Junginger, G.-J. Jonker et A. Faaij, «IEA Bioenergy Task 40 Country report for the Netherlands 2011,» 2011.
- [280] O. Tryboi, «Prospects for the growing and use of energy crops in Ukraine,» 2014.
- [281] D. van der Hoeven, «The comeback of flax and hemp,» Bio Based Press, 2013. [En ligne]. Available: <http://www.biobasedpress.eu/2013/10/the-comeback-of-flax-and-hemp/>.
- [282] B. Elbersen, «Biomass availability for further Bioeconomy applications in The Netherlands,» 2015.
- [283] H. Mozaffarian, A. Uslu, L. Beurskens et J. van Stralen, «Annex to the Deliverable 3.2 Benchmarking Report-Bioenergy overview of The Netherlands,» 2015.
- [284] T. Persson et D. Baxter, «IEA Bioenergy Task 37 - Country Reports Summary 2014,» IEA Bioenergy, 2015.



- [285] D. B. Tobias Persson, «IEA Bioenergy Task 37 Country Reports Summary 2014,» 2015.
- [286] European Biofuels, «Biogas/Biomethane for use as a transport fuel,» 2014. [En ligne]. Available: <http://biofuelstp.eu/biogas.html>.
- [287] CE Delft, «Biofuels on the Dutch market,» 2015.
- [288] RVO, «The biobased economy and the bioeconomy in the Netherlands,» 2016.
- [289] RVO, «The Bio-based Economy in the Netherlands,» 2013.
- [290] Ecofys, «The land use change impact of biofuels consumed in the EU, Quantification of area and greenhouse gas impacts,» 2015.
- [291] ECN, «Current and potential future utilization of selected biomass value chains in The Netherlands,» 2015.
- [292] OWS, «Evaluation of digesters in the Netherlands,» 2013.
- [293] «Agrarische prijzen,» 2016. [En ligne]. Available: <http://www.agrimatie.nl/Prijzen.aspx>.
- [294] K. Kwant, J. Muisers, B. Elbersen, A. Singh et C. Panoutsou, «Briefing: Biomass potentials and value chains in Netherlands,» 2015.
- [295] J. P. van Soest, H. Wiltink, H. van Soest, E. Luken, M. Londo, H. Mozaffarian, H. van Himbergen, R. van Dorp, X. van Michelen, M. Dumont et R. Wismeijen, «Green gas roadmap,» 2014.
- [296] E. Mulleneers, «Biogas production in agriculture and manure policy,» 2010.
- [297] Eurostat, «Headline indicators: Scoreboard».
- [298] K. W. Kwant, E. W. Wissema et A. F. Schoof, «An Action Plan for Implementation and a Transition with Biomass».
- [299] L. M. J. Pelkmans et K. Kwant, «National policy landscapes: the Netherlands. Deliverable 3.1 of the Biomass Policies project,» 2014.
- [300] Creatieve Energie, «Position paper Wetsvoorstel Voorrang voor duurzaam en congestiemanagement,» 2009.
- [301] C. Panoutsou et A. Uslu, «Outlook on Market Segments for Biomass Uptake by 2020 in the Netherlands,» 2011.
- [302] Argus, «Analysis: EU biofuels legislative overview,» 2015. [En ligne]. Available: <https://www.argusmedia.com/mkting/bioenergy/biofuels-regulation-update/>.
- [303] Norton Rose Fulbright, «European renewable energy incentive guide - The Netherlands,» 2013. [En ligne]. Available: <http://www.nortonrosefulbright.com/knowledge/publications/66148/european-renewable-energy-incentive-guide-the-netherlands>.
- [304] B. Economy, «Innovation schemes,» 2016. [En ligne].
- [305] B. Kretschmer, E. Watkins, D. Baldock, B. Allen, C. Keenleyside et G. Tucker, «Securing biomass for energy – Développant un environnementally responsible industry for the UK now and into the future,» 2011.
- [306] UK government, Department for Environment Food & Rural Affairs, «Area of Crops Grown For Bioenergy in England and the UK: 2008 - 2014,» 2015.



- [307] C. Panoutsou, A. Bauen, A. Uslu, H. Mozaffarian, L. Beurskens et J. van Stralen, «Annex to the Deliverable 3.2 Benchmarking report - Bioenergy overview of the United Kingdom,» 2015.
- [308] UK government, «Renewables,» 2016.
- [309] Drax group PLC, «A reliable, renewable future today,» 2015.
- [310] S. Evans, «Investigation: Does the UK's biomass burning help solve climate change?,» 2015. [En ligne]. Available: <http://www.carbonbrief.org/investigation-does-the-uks-biomass-burning-help-solve-climate-change>. [Accès le 08 2016].
- [311] D. Williams, «Case study: Straw Biomass in the UK,» 2012. [En ligne]. Available: <http://www.renewableenergyfocus.com/view/31470/case-study-straw-biomass-in-the-uk/>.
- [312] L. Hopwood, «Anaerobic Digestion deployment in the UK,» 2016.
- [313] UK Department for Transport, «Renewable Transport Fuel Obligation statistics : period 7, 2014/2015,» 2016.
- [314] Bio-based and Biodegradable Industries Associations, «The future potential economic impacts of a bio-plastics industry in the UK,» 2015.
- [315] G. Biologics. [En ligne]. Available: <http://www.greenbiologics.com/index.php>.
- [316] A. Durston, «Suez Environment invests in UK biobased chemical developer Solvert Ltd.,» NNFC, 2013. [En ligne]. Available: <http://www.nnfcc.co.uk/news/suez-environment-invests-in-uk-biobased-chemical-developer-solvert-ltd>.
- [317] F. Rosillo-Calle et S. Galligani, «TASK 40- Country Report for United Kingdom,» 2011.
- [318] Department for Environment, Food & Rural Affairs, UK government, «Industrial energy and non-food crops: business opportunities for farmers,» 2013. [En ligne]. Available: <https://www.gov.uk/guidance/industrial-energy-and-non-food-crops-business-opportunities-for-farmers>.
- [319] Energy technologies institute, «Bioenergy Insights into the future UK Bioenergy Sector, gained using the ETI's Bioenergy Value Chain Model (BVCM),» 2015.
- [320] NNFC, «Domestic Energy Crops; Potential and Constraints Review,» 2012.
- [321] R. M. L. W. Jade Littlewood, «Importance of policy support and feedstock prices on economic feasibility of bioethanol production from wheat straw in the UK,» 2013.
- [322] Local United, «Energy farms – anaerobic digestion How to develop a community-led agricultural anaerobic digester».
- [323] EurObserv'ER, «Country Policy Profile, United Kingdom,» 2015.
- [324] UK government, «UK Bioenergy Strategy,» 2012.
- [325] L. Pelkmans, G. Brown et C. Panoutsou, «National policy landscapes: United Kingdom,» 2014.
- [326] Eurostat, *Headline indicators: Scoreboard Headline indicators: Scoreboard*, 2016.
- [327] Crops for Energy, «Why we need an energy crops scheme 3,» 2013.
- [328] Feed-In Tariffs Ltd, «Feed-in tariffs,» 2016. [En ligne]. Available: <http://www.fitariffs.co.uk/eligible/levels/degression2016/>. [Accès le 08 2016].



- [329] Ofgem e-serve, «Feed-in Tariff Generation & Export Payment Rate Table for Non-Photovoltaic Installations,» 2016.
- [330] YouGen, «Feed In Tariffs,» 2016. [En ligne]. Available: <http://www.yougen.co.uk/feed-in-tariff/>. [Accès le 08 2016].
- [331] UK government, «Contracts for Difference (CFD) Allocation Round One Outcome».
- [332] M. W. Ho, «Funding for Small Scale Anaerobic Digesters in England,» 2013. [En ligne]. Available: [http://www.issis.org.uk/Funding\\_for\\_Small\\_Scale\\_Anaerobic\\_Digestors\\_in\\_England.php](http://www.issis.org.uk/Funding_for_Small_Scale_Anaerobic_Digestors_in_England.php).
- [333] Green Investment Bank, «The UK anaerobic digestion market,» 2015.
- [334] RAGT Energie, «Les combustibles biomasse,» [En ligne]. Available: <http://www.ragt-energie.fr/fr/biomasse/combustibles-biomasse.php>.
- [335] AILE, «Récolter et valoriser les fauches de bords de route,» 2014.
- [336] CEEB, «Indices bois énergie 1er trimestre 2016».

## L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Elle met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale.

L'Agence aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer et du ministère de l'Education nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

### LES COLLECTIONS DE L'ADEME



#### ILS L'ONT FAIT

*L'ADEME catalyseur* : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



#### EXPERTISES

*L'ADEME expert* : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.



#### FAITS ET CHIFFRES

*L'ADEME référent* : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



#### CLÉS POUR AGIR

*L'ADEME facilitateur* : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



#### HORIZONS

*L'ADEME tournée vers l'avenir* : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.

