



**Promouvoir la création de plateformes logistiques
de la biomasse par les agro-industries**

**Guide pour la production d'agro-combustibles à destination des
agro-industries**

1- Connaissances fondamentales



Auteur : Camille POUTRIN

Comité d'édition : Cosette KHAWAJA, Dr Rainer JANSSEN, Dr. Alfred KINDLER, Tanja SOLAR, Klaus ENGELMANN, Eva LOPEZ, Daniel GARCIA-GALINDO

Publication : © 2015, SCDF - Services Coop de France
43, rue Sedaine / CS 91115
75538 Paris Cedex 11, France

Contact: Camille POUTRIN
SCDF - Services Coop de France
camille.poutrin@servicescoopdefrance.coop
Tel.: +33 1 44 17 58 40
www.servicescoopdefrance.coop

Site internet : www.sucellog.eu

Droits d'auteurs : Tous droits réservés. Aucune partie de ce guide ne peut être reproduite, sous aucune forme ni aucun moyen, pour être utilisée à des fins commerciales sans l'autorisation écrite du comité d'édition. Les auteurs ne garantissent pas la véracité et/ou l'exhaustivité des informations et données présentes et décrites dans ce guide.

Clause de non-responsabilité : Le contenu de cette publication est sous l'entière responsabilité de ses auteurs. Elle ne reflète pas les opinions de l'Union Européenne. La Commission Européenne ne saurait être tenue pour responsable des utilisations qui pourraient être faites et des informations qu'elle contient.



Co-funded by the Intelligent Energy Europe
Programme of the European Union

Sommaire

Introduction.....	5
1. Biomasse, matière première agricole et bioénergie	6
1.1. La biomasse comme source d'énergie.....	6
1.2. La biomasse : l'énergie renouvelable la plus utilisée en Europe	7
1.3. Les coproduits agricoles comme ressource pour les objectifs du 3x20.....	8
2. Centre logistique agro-industriel de biomasse	9
2.1. Avantages pour une agro-industrie à devenir centre logistique	10
2.2. Synergies avec le secteur agro-industriel	12
2.3. Clefs de réussite et défis	15
2.4. Cas existants.....	16
3. Les coproduits agricoles pour la production d'agro-combustibles.....	18
3.1. Coproduits agricoles: propriétés essentielles	18
3.2. Coproduits agricoles : potentialités et recommandations d'usage	20
3.2.1. Coproduits primaires issus de cultures annuelles.....	20
3.2.2. Coproduits de première transformation issus des cultures pérennes.....	22
3.2.3. Coproduits secondaires des procédés industriels.....	22
3.3. Procédés de production de combustibles solides à partir de coproduits agricoles.....	23
4. Exigences de qualité sur le marché des biocombustibles.....	25
4.1. Marché des biocombustibles.....	25
4.2. Normes de qualité et systèmes de certification.....	25
4.3. Des procédés durables	26
Messages clefs pour le lecteur.....	29
Annexes.....	30
Annexes 1 : traitement de la biomasse	30
Annexe 2: Normes ISO	30
Abréviations	31
Droits sur les photos (copyrights).....	32
Liste des tables	32
Liste des figures	32
Liste des références	33

Remerciements

Ce guide a été rédigé dans le cadre du projet SUCELLOG (IEE/13/638/SI2.675535), subventionné par la Commission Européenne à travers le programme Energie Intelligente pour l'Europe (IEE). Ses auteurs souhaiteraient remercier la Commission Européenne pour son soutien au développement de ce projet ainsi que les co-auteurs et le consortium pour leur contribution à ce guide.

Le projet SUCELLOG

Le projet SUCELLOG - promouvoir la création de plateformes logistiques de la biomasse par les agro-industries - vise à favoriser la participation du secteur agricole à l'approvisionnement durable en biocombustibles solides en Europe. Les actions du projet s'appuient sur un principe encore peu exploité : l'installation de centres logistiques de la biomasse, producteurs d'agro-combustibles solides, dans les agro-industries en complément de leurs activités usuelles, mettant en évidence les fortes synergies existantes entre l'agroéconomie et la bioéconomie. Plus d'informations sur le projet et les partenaires sont disponibles sur le site internet du projet www.sucellog.eu.

Consortium SUCELLOG



CIRCE: Centre de recherche pour les ressources et la consommation d'énergie /
Coordination du projet (Espagne)
Eva López - Daniel García : sucellog@fcirce.es



WIP: WIP - Renewable Energies / Energies Renouvelables (Allemagne)
Cosette Khawaja : cosette.khawaja@wip-munich.de
Dr. Rainer Janssen : rainer.janssen@wip-munich.de



RAGT: RAGT Energie SAS (France)
Vincent Naudy : vnaudy@ragt.fr
Matthieu Campargue : mcampargue@ragt.fr
Jérémy Tamalet : JTamalet@ragt.fr



SPANISH COOPERATIVES: Coopératives agro-alimentaires espagnoles (Espagne)
Juan Sagarna : sagarna@agro-alimentarias.coop
Susana Rivera : rivera@agro-alimentarias.coop
Irene Cerezo : cerezo@agro-alimentarias.coop



SCDF: Services Coop de France (France)
Camille Poutrin : camille.poutrin@servicescoopdefrance.coop



DREAM: Recherche en écologie et environnement (Italie)
Enrico Pietrantonio : pietrantonio@dream-italia.net
Dr. Fiamma Rocchi : rocchi@dream-italia.it
Chiara Chiostrini : chiostrini@dream-italia.net



Lk Stmk: Chambre de l'agriculture et de la forêt de Styrie (Autriche)
Dr. Alfred Kindler : alfred.kindler@lk-stmk.at
Tanja Solar : tanja.solar@lk-stmk.at
Klaus Engelmann : klaus.engelmann@lk-stmk.at
Thomas Loibnegger : thomas.loibnegger@lk-stmk.at

Introduction

La bioénergie satisfait 60% de la production totale d'énergie renouvelable européenne et devrait connaître une croissance importante d'ici 2020 (European Commission, 2015). Le volume des ressources en biomasse forestière étant limité en Europe, mais également régionalement, les coproduits agricoles peuvent compter comme apport non négligeable essentiel à cette croissance. Les politiques européennes, à travers les Fonds Européens Agricoles pour le Développement Rural (FEADER), et nationales, encouragent les institutions des pays membres à développer les énergies renouvelables et soutiennent les agro-industries dans l'utilisation de ressources agricoles pour l'énergie comme un moyen de diversification des activités agricoles et d'augmentation de la valeur ajoutée des exploitations.

Les agro-industries possédant des équipements spécifiques ont l'opportunité de devenir des centres logistiques de la biomasse, producteurs d'agro-combustibles solides issus de matière première agricole. L'utilisation de biomasses non valorisées pendant les périodes creuses d'activité des agro-industries pourrait contribuer au développement européen, proposant de nouvelles activités dans les secteurs ruraux, réduisant les émissions de gaz à effet de serre, augmentant la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique, participant à l'indépendance énergétique de l'Union et à la création de nouveaux marchés.

SUCELLOG (SUCcEssfuL LOGistic) est un projet trisannuel financé par le programme Energie Intelligente pour l'Europe, développé en Autriche, en France, en Italie et en Espagne. Il a pour objectif la mise en place de nouveaux centres logistiques dans les agro-industries produisant des agro-combustibles solides. Quatre centres logistiques seront mis en place dans ces quatre pays et quarante études de faisabilité seront conduites. Les associations agricoles régionales seront formées afin de soutenir la création de nouveaux centres logistiques.

Considérant que les connaissances liées au concept du projet sont pour l'instant limitées, SUCELLOG a fait le choix de proposer trois guides répondant aux besoins des industriels. Ces trois manuels seront adressés à différentes catégories d'acteurs en fonction de leurs connaissances sur la biomasse (connaissances fondamentales, méthodologie de mise en place, retours d'expérience). Cette structure progressive a pour objectif la sensibilisation au concept du projet et l'encouragement des initiatives des agro-industries à développer de nouvelles activités comme centre agro-industriel de la biomasse en apportant les connaissances nécessaires à cette entreprise et en proposant des exemples de bonnes pratiques.

Ce premier guide donne les informations de base nécessaires à prendre en compte avant de démarrer une nouvelle activité liée à la biomasse solide. Il développera l'évolution de la consommation de biomasse dans l'Union Européenne, les coproduits agricoles utilisés pour l'énergie, le concept d'un centre agro-industriel à travers la chaîne d'approvisionnement et le développement de schémas durables dans l'approvisionnement en biomasse ainsi que des exemples d'installations types dans les pays européens.

1. Biomasse, matière première agricole et bioénergie

1.1. La biomasse comme source d'énergie

La réglementation européenne définit la biomasse utilisée pour l'énergie comme « *la fraction biodégradable des produits, des déchets et des résidus d'origine biologique provenant de l'agriculture (y compris les substances végétales et animales), de la sylviculture et des industries connexes, y compris la pêche et l'aquaculture, ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et municipaux* » (Directive 2009/28/EC adoptée conjointement par le Parlement Européen et le Conseil).

La biomasse peut être convertie en énergie de différentes façons illustrées en Figure 1. Selon la matière première utilisée ou les procédés mis en place, différents types de combustibles et de bioénergies peuvent être produits et utilisés à fins diversifiées. Les plus répandues sont :

- La production de chaleur et d'énergie par combustion de biomasse sèche (bois, pailles, cultures énergétiques);
- Le biogaz issu de la digestion anaérobie d'une matière organique humide (lisier, coproduits herbacés, graminées) ;
- Les biocombustibles issus de la trans-estérification de biomasse riche en huile (pour la production de biodiesel) ou de la fermentation de sucres ou de biomasses amidonnées (production d'éthanol).

La biomasse a été la première source d'énergie utilisée par les humains : il y a 400 000 ans, les premiers hommes se servaient du feu pour cuire leur nourriture, s'éclairer, se protéger des animaux sauvages ou se chauffer.

De nos jours, la biomasse est une alternative durable aux énergies fossiles, qui se doit d'être économique, utilisable de manière quasi-automatique dans des équipements dédiés et contribuer au développement durable

Il existe de nombreuses façons de transformer la biomasse en énergie, directement ou via la production de vecteurs énergétiques intermédiaires comme, entre autres, la cire issue de la réaction de Fischer-Tropsch, la biomasse torréfiée, le syn-gaz. Dans le cas d'une biomasse humide, outre la production de biogaz ou l'utilisation comme compost ou amendement, de nouvelles voies de valorisation émergent dans les domaines de la conversion hydrothermale ou le développement de piles à combustibles microbiologiques.

Plus d'informations sur les voies de valorisation les plus fréquentes sont proposées en Annexe 1.

Le projet SUCELLOG se concentre sur la production de bioénergie issue de biomasse sèche en combustion, qu'elle soit directe ou après un prétraitement, pour la production de chaleur ou d'énergie.

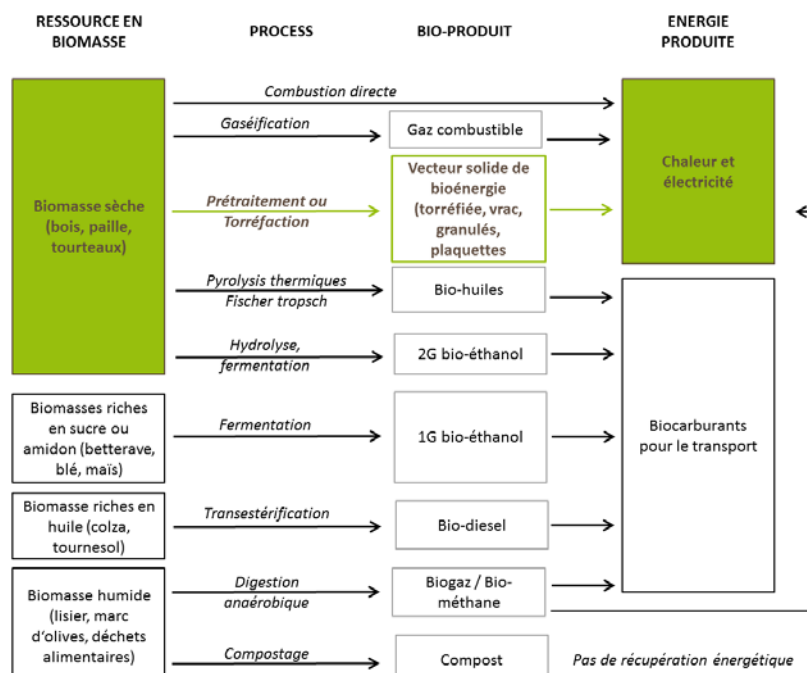


Figure 1: Principaux procédés d'extraction d'énergie à partir de biomasse

1.2. La biomasse : l'énergie renouvelable la plus utilisée en Europe

Europe 2020 est la stratégie de croissance adoptée par l'Union Européenne pour les dix années à venir. Lancée en 2010, elle vise à créer les conditions nécessaires au développement d'une économie intelligente, durable et inclusive (European Commission, 2015).

Concrètement, l'Union Européenne a fixé cinq objectifs ambitieux pour un développement durable, à atteindre d'ici 2020 en matière d'emploi, d'innovation, d'éducation, d'inclusion sociale, de réduction de la pauvreté et d'énergie ainsi que de lutte contre le changement climatique. Les objectifs du Paquet climat-énergie sont connus comme les objectifs dits du « 20-20-20 » (3x20 - *trois fois vingt*), décrivant les trois objectifs fixés pour 2020 :

En 2012, 14,1 % de la consommation finale brute d'énergie de l'UE était issue d'énergies renouvelables (Eurostat, June 2014).

- Réduire les émissions de CO₂ des pays de l'Union de 20 % par rapport au niveau de référence de 1990 ;
- Faire passer la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique européen à 20 % ;
- Accroître l'efficacité énergétique de 20 % d'ici à 2020 par rapport au niveau de référence de 1990.

A travers la directive *relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables* 2009/28/EC, les Etats Membres de l'Union Européenne ont pris des engagements nationaux contraignants relatifs au deuxième axe du 3x20, liés à l'augmentation de la part des énergies renouvelables dans leur mix énergétique d'ici 2020.

Dans l'Europe des Vingt-Huit, la production primaire d'énergies renouvelables a presque doublé en 10 ans, représentant, en 2012, 177 Mtep. La biomasse est le principal contributeur de ce mix énergétique, représentant plus de 67% de consommation intérieure brute d'énergies renouvelables (Figure 2). La production de chaleur issue de bioressources représente 74,7 Mtep, suivie par les biocarburants pour le transport (14,6 Mtep) et la bioélectricité (12,8 Mtep). La biomasse compte pour 88,9% du chauffage renouvelable (European Commission, 2015).

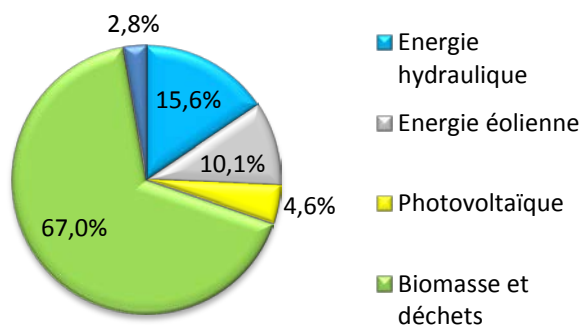


Figure 2 : Part des énergies renouvelables dans la consommation intérieure brute d'énergie dans l'Europe des Vingt-Huit (European Commission, 2015)

D'après EurObserv'ER 2013, la biomasse représente un chiffre d'affaires de 50 milliards d'euros dans l'Europe des Vingt-Sept, dont 28 milliards pour la biomasse solide. Plus de 500 000 emplois dépendent directement de la bioénergie, dont 292 000 pour les biocombustibles solides.

Pour atteindre les objectifs du 3x20 et répondre aux directives européennes, de nombreux pays ont mis en place un système national d'aides promouvant les énergies renouvelables et soutenant les projets innovants pour le développement de la biomasse ou la consommation de biocombustibles. Ce soutien financier qui permet d'augmenter la rentabilité d'un projet biomasse dépend de chaque pays ou région.

En France, le *Fond Chaleur*, mis en place par l'ADEME (Agence de l'environnement et de la Maîtrise de l'Energie) a soutenu 2 911 installations lors du programme 2009 – 2014, dont 500 projets biomasse dans les secteurs industriels, agricoles ou de services pour une production annuelle de 1 362 501 tep (sept. 2014), permettant la création de 5 000 emplois.

1.3. Les coproduits agricoles comme ressource pour les objectifs du 3x20

Les ressources ligneuses forestières sont les principales biomasses actuellement valorisées. Leur consommation a connu une augmentation significative ces dix dernières années mais tend à présent à se stabiliser. Il est ainsi nécessaire de promouvoir une diversification des ressources disponibles en biomasse, telles que la valorisation des coproduits agricoles. Ils représentent un potentiel conséquent, souvent peu exploité, dont la consommation pourrait fortement augmenter dans les prochaines années. (Michael Carus, nova-Institut, August 2012).

De nombreuses études ont été menées sur le potentiel de la biomasse agricole disponible pour la production de bioénergies (EEA, Scarlet & al etc) mais aucune donnée nationale ou information sur la valorisation actuelle ou les marchés n'est disponible. Il est toutefois couramment accepté que les coproduits agricoles sont l'une des clefs nécessaires à l'augmentation substantielle de la production de bioénergies, la quantité de bois forestier et de déchets consommée ayant atteint une asymptote.

Les estimations réalisées avancent que, dans l'Europe des Vingt-Sept, plus de 425 000 GWh seraient disponibles sous forme de résidus de culture non valorisés (1 530 PJ, après avoir considéré les utilisations compétitives). Cela représente 15% de la consommation en électricité des industries, du transport, des particuliers et des activités de services dans l'Europe des Vingt-Huit. (Scarlat N, 2010) (European Commission, 2015).

Un nouveau marché basé sur les coproduits agricoles devrait se développer à court terme en Europe. Les agro-industries ont une position stratégique, pour saisir cette opportunité de développement, situées entre les exploitants agricoles et les marchés.

2. Centre logistique agro-industriel de biomasse

Les agro-industries utilisent des équipements modernes agricoles, dans le cadre de leurs activités usuelles, pour le traitement de matières premières et leur transformation en vue d'une consommation intermédiaire ou finale. Ces produits peuvent être utilisés à des fins alimentaires (alimentation humaine ou animale) ou non alimentaires (fibres textiles, extraction chimique etc.).

Certaines agro-industries, comme les entreprises de déshydratation de luzerne, de séchage de grains ou d'extraction d'huile sont équipées en granulateurs, systèmes de séchage, silos, convoyeurs et travaillent sous un régime saisonnier. Ces équipements peuvent être utilisés pendant les périodes d'activité creuses pour manutentionner et prétraiter une biomasse de diverses origines régionales et présentent ainsi des caractéristiques intéressantes pour devenir des centres logistiques de biomasse.

Un exemple réussi d'une telle industrie est présenté en Figure 3. Cette entreprise fabriquait, à l'origine, des produits issus de maïs, de fourrages et d'autres additifs nutritifs pour proposer des granulés à destination de l'alimentation animale. La figure 3 décrit les procédés, les flux de produits alimentaires ou non alimentaires ainsi que les transformations de la biomasse impliquées après l'intégration de la nouvelle activité de production de combustibles au sein de l'industrie. Cette dernière a tiré avantage de ses relations commerciales avec des producteurs de maïs grain pour acquérir à la fois le grain et la rafle. Les rafles de maïs sont utilisées pendant les périodes creuses de l'activité d'alimentation animale comme matière première pour produire des granulés, valorisant le granulateur habituellement utilisé.

Les flux tels que détaillés en Figure 3 se présentent ainsi :

- ① Le maïs est produit par les exploitants agricoles qui n'ont pas à modifier leurs activités.
- ② Pendant la récolte des grains, les rafles de maïs sont simultanément collectées dans une moissonneuse adaptée. Les grains et les rafles sont déchargés séparément sur des remorques pour être transportés vers les équipements de l'industrie.
- ③ Les grains sont séchés et mélangés à des fourrages et à des additifs nutritifs pour produire des granulés destinés à l'alimentation animale, comme habituellement.
- ④ Les rafles de maïs sont partiellement utilisées comme source d'énergie pour la production de chaleur (chaudières) nécessaire pour cette ligne de production.
- ⑤ Après la saison de production des aliments animaux, l'entreprise connaît une période creuse en hiver et au commencement du printemps. L'agro-industrie traite les rafles de maïs et de biomasse locale complémentaire pour produire un granulé mixte en utilisant le granulateur déjà existant. Les rafles de maïs et les rafles de maïs broyées sont traitées dans l'unité de séchage existante.
- ⑥ La biomasse est livrée aux consommateurs finaux sous forme de granulés, de rafles entières ou de rafles broyées. Les équipements sont ensuite nettoyés et préparés pour la nouvelle saison. La distribution de la biomasse transformée peut continuer après ces procédés puisque le matériel séché est stable et peut être stocké.
- ⑦ Les cendres issues de la combustion sont utilisées comme nutriments sur les champs de maïs, en cycle court, permettant la réduction des besoins en fertilisants.

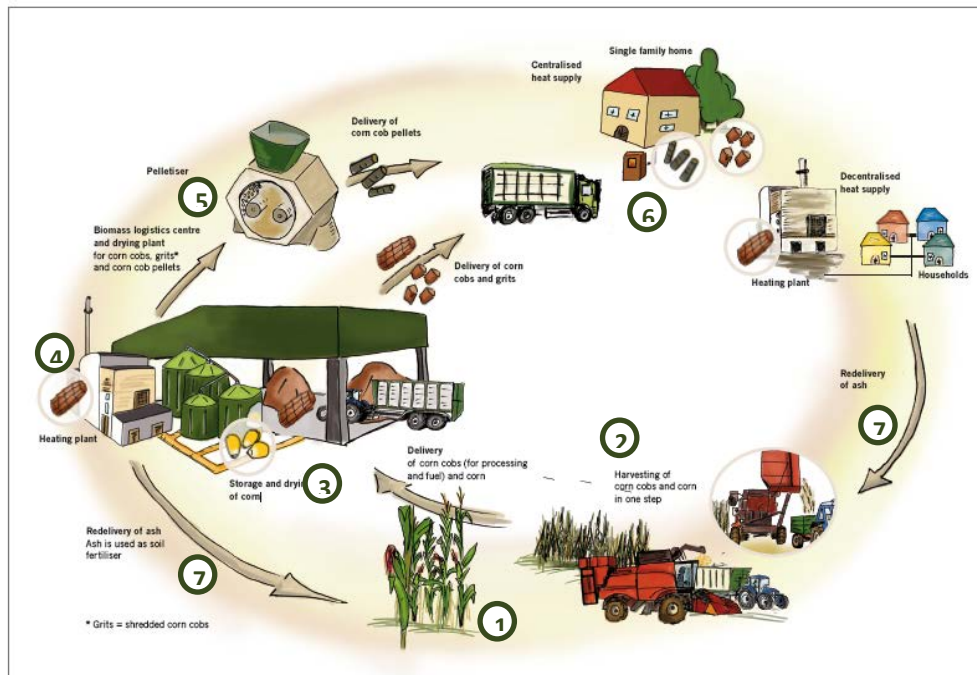


Figure 3: Description du concept de centre logistique de la biomasse

2.1. Avantages pour une agro-industrie à devenir centre logistique

Les équipements des agro-industries sont utilisés de façon saisonnière, dépendants des cycles de vie de la plante, permettant le traitement de combustibles avec les procédés habituels pendant les périodes creuses

Pour démarrer une activité de centre logistique dans les installations agro-industrielles existantes, il est nécessaire d'avoir accès à des ressources en biomasse disponibles lors de l'arrêt des activités habituelles. Ainsi, les périodes creuses annuelles peuvent être utilisées pour assembler, transformer et distribuer la biomasse.

Les activités de déshydratation, les industries sucrières, oléicoles, les distilleries, possèdent généralement des séchoirs horizontaux capables de traiter une grande variété de matières premières de différents formats. Les céréaliers sont équipés de séchoirs verticaux, parfois compatibles avec une matière première sous forme de granules tels que les noyaux d'olives, les pépins de raisin ou les coques d'amandes concassées.

Les agro-industries ayant des équipements de séchage peuvent les utiliser directement ou les adapter pour traiter la biomasse et produire des agro-combustibles de haute qualité.

Les agro-industries peuvent devenir des nouveaux fournisseurs d'agro-combustibles mixtes.

Les industries d'alimentation animale ou de déshydratation sont généralement conçues pour proposer des produits densifiés sous forme de granulés. Les autres industries, comme les industries vinicoles ou sucrières possèdent également des équipements compatibles comme les granulateurs, permettant de traiter leurs coproduits et de produire des granulés secs, compactés et stables, qui pourront être commercialisés comme compléments alimentaires pour le bétail. Les périodes creuses de ces lignes de production peuvent être utilisées pour la production de granulés énergie.

Les agro-industries produisent des coproduits qui peuvent être utilisés comme combustibles. C'est un avantage compétitif offrant davantage d'indépendance par rapport aux concurrents travaillant avec des fournisseurs extérieurs.

Les agro-industries produisent déjà des coproduits agricoles

Les produits alimentaires et les biocombustibles sont tous deux des matières organiques qui nécessitent des étapes de stockage et de traitement pour éviter toute détérioration. Les agro-industries travaillent sur des matières premières agricoles souvent reçues en vrac. Elles possèdent des équipements de manutention et des installations qui peuvent être utilisées pour travailler la biomasse, comme des pelles mécaniques, des grues, des aires de stockage couvertes, des convoyeurs, des trémies ou des silos. Même lorsqu'elles ne possèdent pas d'équipement de réduction du taux d'humidité, de broyeurs ou de granulateurs, elles ont l'avantage de détenir une forte expertise sur les biomatériaux et possèdent des équipements logistiques nécessaires à cette nouvelle activité.

Les agro-industries ont l'expérience de la manutention de produits alimentaires, matières organiques similaires à la biomasse.

Les agro-industries ont de fortes relations commerciales avec leurs clients et fournisseurs, potentielles sources de biomasse.

Les coproduits agricoles amont et aval des activités de l'agro-industrie représente une bonne opportunité pour démarrer l'activité de traitement de la biomasse ou/et de distribution. Les agro-industries ont déjà des relations commerciales avec les exploitants agricoles, producteurs et fournisseurs de biomasse, et des clients qui transforment ces produits agricoles. Elles occupent une position unique et stratégique comme distributeur de biomasse. Elles ont un avantage compétitif pour acheter des coproduits à leurs fournisseurs habituels et à leurs clients, contractant avec ces derniers en jouant sur ces synergies.

Les agro-industries sont habituellement impliquées dans la commercialisation de produits en vrac.

Les agro-industries possèdent leur propre réseau commercial de distribution mais également des infrastructures liées à la logistique. La distribution des produits normalement proposés est organisée en chaîne d'approvisionnement. Ces réseaux existants et les propres capacités de l'industrie donnent un avantage compétitif pour initier une nouvelle activité de distribution de combustibles.

Posséder ses propres coproduits ou s'approvisionner auprès de ses fournisseurs et clients habituels est un avantage supplémentaire pour trouver des ressources complémentaires, élargir l'offre ou augmenter la qualité du produit grâce à un mélange de biomasse.

Les agro-industries sont entourées de champs, de forêts, d'activités agro-industrielles, potentielles sources de diversification de leur offre.

La durabilité peut être promue par les agro-industries à travers l'utilisation d'une biomasse locale, non encore valorisée.

Les coproduits de première ou deuxième transformation ne trouvent pas toujours de débouchés localement. Il n'est pas inhabituel de voir des grignons d'olives transférés sur un marché international, particulièrement en Espagne. Les consommateurs locaux, à l'inverse, utilisent des granulés bois importés d'autres régions voire d'autres pays européens ou hors européens. Les agro-industries peuvent jouer un rôle clef dans l'acquisition, la transformation et la valorisation de multiples coproduits agricoles pour produire des mélanges vrac ou granulés aux propriétés diverses. Il s'agit d'une opportunité supplémentaire de promotion des marchés locaux.

Le travail habituel des coopératives impose des actions de manutention et de transformation permettant de proposer des produits de qualité sur les marchés. Les agro-industries sont déjà sensibilisées à l'importance de cette qualité. Elles peuvent adapter ces exigences sur les thématiques combustibles, que ce soit sur la réglementation, les labels qualité ou la demande de marché, traduction de leurs activités habituelles sur une chaîne d'approvisionnement parallèle.

Les agro-industries et les exploitations sont déjà sensibilisées à l'importance de la qualité, par les réglementations PAC, la loi pour l'alimentation humaine ou animale ainsi que par les demandes des marchés.

2.2. Synergies avec le secteur agro-industriel

Les agro-industries dédiées à la préservation des aliments humains ou animaux (deshydratation, séchage) ou à la transformation (farine, vin, sucre, huile d'olive, nutrition animale), présentent de larges synergies avec le secteur de la biomasse énergie. Une analyse des agro-industries européennes réalisée dans le cadre de SUCELLOG a mis en exergue ces synergies sur plusieurs secteurs agro-alimentaires. Table 1 présente les synergies entre les périodes creuses des équipements et la disponibilité des coproduits agricoles, tout en tenant compte des grandes variabilités entre les pays européens, notamment concernant les périodes creuses. Une analyse spécifique par pays, en Espagne, en Italie, en France et en Autriche a été menée sur SUCELLOG et est disponible sur le site du projet (dans la section *publications et rapports*, D3.2, en anglais et dans les langues nationales).

Table 1 : Synergies entre les périodes creuses d'activité (vert) et la saisonnalité de la disponibilité de la biomasse (marron)

Périodes creuses	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Déshydratation												
Alimentation animale												
Séchage des grains												
Séchage du riz												
Producteurs de tabac												
Distilleries												
Industries sucrières												
Industries oléicoles												
Fruits secs												
Disponibilité du coproduit												
Coproduits de l'alimentation animale												
Pailles de céréales												
Pailles de soja												
Pailles de colza												
Cannes de maïs												
Rafles de maïs												
Issues de silos												
Balles de riz												
Coproduits du secteur oléicole												
Coproduits du tabac												
Coproduits des distilleries												
Pulpes de betteraves												
Sarments de vignes												
Tailles d'oliviers												
Tailles des arbres à baies												
Tailles des arbres à drupes												
Tailles des arbres à fruits secs												
Tailles des citronniers												
Tourteaux issus de la viticulture												
Marc et rafles de raisins												
Pépins de raisins												
Noyaux d'olives												
Tourteaux d'olives												
Coques de noix												

Périodes durant lesquelles les équipements sont généralement sous-utilisés



Période de production de la biomasse (récolte ou procédés industriels)



Les différences majeures entre les pays sont représentées par une case rayée.

Déshydratation:



Figure 4 : Séchoir horizontal – Luzéal - France



Le secteur de la déshydratation a une période creuse importante de 6 mois (de novembre à avril en général) et possède ses propres équipements compatibles avec la production d'agro-combustibles (séchoirs horizontaux, granulateurs, silos). En France, ces installations sont généralement valorisées toute l'année : ces entreprises sèchent d'autres matières premières afin de diversifier leurs activités (pulpes de betteraves, produits vinicoles) ou sont utilisées pour produire des granulés de bois. Dans certains cas, ces industries consomment de la biomasse comme combustible pour couvrir tout ou partie des besoins du séchoir (principalement en France et en Espagne).

Les unités de déshydratation ne produisent pas de quantité conséquente de coproduits, ni lors de la phase de collecte ni pendant la transformation : les matières premières pour la production de combustibles doivent être trouvées à l'extérieur. Cette activité étant, toutefois, dans certaines régions, intégrée à l'activité de déshydratation de céréales, particulièrement en Espagne, elle peut accéder aux coproduits issus des phases de collecte et de transformation des céréales (pailles céréales, cannes de maïs ou poussières de céréales).

Alimentation animale

La période creuse est généralement courte sur cette activité mais de nombreux équipements pourraient être utilisés dans le cadre d'une activité de centre logistique comme les granulateurs, les silos de stockage, les équipements de criblage ou les équipements de broyage.



Figure 5 : Granulateur alimentation animale - Progeo Masone - Italie

Séchage de céréales



Figure 6 : Séchoir de céréales - SAT el Cierzo - Espagne

Ce secteur présente de grandes opportunités pour devenir centre logistique de la biomasse d'un point de vue technique, ayant une longue période creuse d'activité d'environ 8 mois, selon les pays et les variétés (de février à octobre en Espagne, de janvier à juillet en France, d'octobre à mai en Italie et de janvier à septembre en Autriche). Il possède généralement des séchoirs (principalement verticaux), des équipements de criblage et des silos de stockage. Les installations de séchage sont toutefois rarement compatibles pour le traitement de matières premières différentes des grains, excepté parfois pour des éléments de petits formats comme les noyaux d'olives. En cas de lancement d'une nouvelle activité de centre logistique, l'investissement dans un séchoir doit être pris en compte. Ce secteur est familier de l'utilisation de biocombustible dans ses procédés.

Les industries de séchage de céréales sont situées dans de grandes régions céréalières riches en matières premières disponibles pour l'activité de production d'agro-combustibles. Les exploitants agricoles producteurs de grains produisent également de grandes quantités de paille, généralement écoulées sur le marché de l'élevage, comme litière ou comme substrat pour les champignons. Selon les fluctuations annuelles des marchés, une grande quantité de paille est laissée au champ et disponible comme matière première pour l'énergie. Les industries elles-mêmes ne produisent pas de tonnages importants de coproduits, mises à part les issues de silos et les grains déclassés, généralement proposés aux éleveurs pour la nutrition animale à faible coût ou gratuitement.



Figure 7 : Manutention des rafles de maïs - Tschiggerl Agrar GmbH - Autriche

Les rafles de maïs, fréquemment laissées au champ, commencent à être considérées comme des ressources intéressantes pour la combustion, en Autriche, où des équipements de collecte spécialisés sont mis au point. Une moissonneuse classique adaptée peut collecter simultanément les rafles et les grains. Même si certains modèles ont été développés, la plupart des moissonneuses requiert quelques modifications pour proposer cette fonction combinée.

Séchage de riz

L'industrie de séchage du riz a une période creuse de 9 mois environ (de décembre à août), en Italie et en Espagne, et possède des séchoirs verticaux. Similaires aux équipements de séchages de céréales, ils possèdent des caractéristiques intéressantes pour devenir des centres logistiques.

Concernant les coproduits associés à ce type d'agro-industrie, la paille n'est que rarement collectée, suite aux difficultés techniques liées au travail sur des sols gorgés d'eau (sur lesquels les riz sont produits). Les autres raisons sont d'ordre nutritionnel, cette paille n'étant pas pertinente pour l'élevage (faible digestibilité, devant être enrichie ou prétraitée). Même si le retour dans des sols humides de paille de riz peut entraîner une dégradation anaérobie (émissions de CH₄) et la prolifération de maladies, les blocages techniques et économiques font que cette paille n'est que très rarement collectée.

Séchage de tabac

Les agro-industries du tabac sont en activité toute l'année mais leurs séchoirs ont une période creuse de 7 mois en Italie (janvier à août), de 8 mois en Espagne (décembre à août) et de 9 mois en France (octobre à juillet). Les pratiques agricoles entraînent la production de tiges laissées au sol après la récolte et disponibles comme ressource en biomasse. Dans certains pays comme l'Espagne, ce secteur est familier des bioénergies puisque ce combustible est utilisé pendant les procédés de séchage.

Les synergies entre un centre logistique et ces activités peuvent être limitées par certaines contraintes techniques ou non techniques. Premièrement, les séchoirs peuvent ne pas être compatibles avec le séchage de la biomasse. D'un autre côté, les restrictions légales ou les demandes de négoce internationaux de tabac (producteurs de cigarettes ou de cigares) peuvent ne pas permettre l'utilisation des installations à d'autres fins.

Secteur vinicole (caves et distilleries)



Figure 8 : Santa Maria La Palma - cave à vin - Italie

Les distilleries possèdent leurs propres équipements (séchoirs horizontaux) compatibles avec la production d'agro-combustibles. La période creuse de ces séchoirs est de mai à septembre/octobre en France, d'avril à décembre en Italie (8 mois) et de juin à octobre en Espagne (4 mois).

Elles ont facilement accès à des coproduits tels que les tailles ou des coproduits issus des procédés de viticulture ou de distillation. Les tailles sont généralement brûlées ou laissées au sol, bien que de nouvelles initiatives commencent à voir le jour comme source d'énergie. Concernant les coproduits de la distillation, ils peuvent être notamment vendus en alimentation animale ou en méthanisation. En Espagne, ils sont principalement utilisés comme fertilisants ou disponibles comme agro-combustibles.

Industries sucrières

Les industries sucrières présentent une période creuse importante de janvier à octobre (9 mois en Espagne, 7 mois en Autriche et en France (respectivement de février à septembre et de janvier à août), 8 mois en Italie (novembre à Juillet)). Ces industries possèdent des équipements compatibles pour la production d'agro-combustibles comme les séchoirs horizontaux ou les granulateurs. Ces installations sont généralement dédiées au traitement des coproduits (pulpes), proposant un produit nutritif vendu sur le marché de l'alimentation animale. C'est pourquoi, la plupart du temps, ces installations devront trouver des

matières premières extérieures à leurs sites de production pour développer une activité de centre logistique pour la production de biocombustibles.

Industries d'extraction d'huile

Les industries d'extraction d'huile sont dédiées aux colzas et aux potirons en Autriche, travaillant toute l'année, et aux colzas et tournesols en France. Ces installations possèdent généralement des presses et silos, en Autriche et en France, avec des séchoirs. Les tourteaux sont les principaux coproduits de ces procédés ; riches en protéines, ils sont généralement vendus en alimentation animale. Au champ, les pailles de colza et de soja sont également utilisées en élevage ou laissées au sol, représentant un potentiel non exploité pour les biocombustibles.

Les industries d'huile possèdent des moulins ou des équipements d'extraction. Les noyaux d'olives récupérés sont vendus comme combustible et les grignons pour la production de biogaz, en alimentation animale ou pour la production d'énergie. Dans ce dernier cas, les grignons doivent être au préalable séchés. Pendant la phase de travail au champ, les oliviers produisent des tailles qui composent une ressource sous-exploitée à l'heure actuelle.

Les industries d'extraction des tourteaux possèdent généralement des séchoirs horizontaux et des granulateurs. Les séchoirs participent à diminuer le taux d'humidité des tourteaux frais, permettant des gains importants lors des procédés aval d'extraction par solvants. Le granulateur est généralement dédié à la granulation des coproduits. En Italie et en Espagne, ces équipements sont capables d'utiliser leurs propres coproduits. Au regard de la longue période creuse de 8 mois approximativement (d'avril à novembre), ils représentent des centres logistiques intéressants.



Figure 9 : Zone de stockage- Agricola Latianese industrie d'extraction d'huile - Italie

Industries des noix :

En Espagne, le secteur industriel des noix travaille toute l'année mais les séchoirs ne fonctionnent approximativement que de décembre à août (9 mois de période creuse). C'est le principal équipement compatible avec la production de biomasse solide présente sur ces sites, excepté les silos et les systèmes de manutention. Les coques de noix sont travaillées de septembre à juin, coproduits pouvant être utilisés comme combustibles et très appréciés dans cet optique de nos jours.

2.3. Clefs de réussite et défis

Une agro-industrie, pour devenir un centre logistique de la biomasse selon le concept proposé par SUCELLOG, requiert trois conditions :

1. **La capacité des équipements de cette agro-industrie à manipuler et traiter la biomasse :** si les équipements existants ne sont pas compatibles avec la biomasse, l'agro-industrie devra engager des coûts relativement importants pour l'achat de nouveaux équipements et mettre en place de nouvelles lignes de production. Les synergies entre le concept SUCELLOG et les activités usuelles sont dès lors moins évidentes, le coût et les risques augmentant. La capacité d'investissement peut devenir un enjeu majeur.
2. **La possibilité d'utiliser les mêmes équipements sans risque de contamination des produits liés à l'activité habituelle :** cela concerne certains produits en alimentation animale ou pour les produits consommables humains comme le tabac. La directive 2002/32/CE a établi des niveaux maxima pour les substances indésirables (contaminants) dans l'alimentation animale. Les réglementations et les procédures à suivre dépendent de la directive EC/219/2009. Au-delà de ces exigences, il n'existe pas de limitation européenne. Dans certains pays membres ou certaines régions, des lois spécifiques doivent être appliquées mais aucune réglementation n'implique un interdit total.

3. La compatibilité saisonnière avec les autres ressources en biomasse existantes autour de l'installation : la disponibilité de la biomasse en quantité importante à des prix compétitifs est un plus pour la mise en place du centre logistique intégré aux installations agro-industrielles. Une forte adéquation des productions saisonnières de biomasse et des périodes creuses d'activité est hautement recommandée.

2.4. Cas existants

Certaines agro-industries pionnières ont déjà adaptées leurs équipements au traitement et à la commercialisation des agro-combustibles. Une courte description de ces retours d'expérience est proposée ci-après. Des descriptions plus détaillées de cas de succès seront présentés dans le troisième guide du projet.

Daniel Espuny S.A.U.
Localisation Linares (Espagne)
Nombre d'années en service 12 ans
Capacité de production 60 kt/an de grignons d'olives
Période creuse Juillet - Novembre
Investissement 1 M€ (sur 12 ans, à noter que l'investissement a été réalisé pour les activités usuelles et pour le centre logistique).

Grignons d'olives

L'activité de centre logistique a permis à l'industrie de conserver ses 20 salariés à temps plein. Depuis 12 ans, le séchoir et le granulateur ont été renouvelés. Un broyeur pour produire de la biomasse micronisée et des équipements de criblage ont été achetés. Une partie de l'investissement a également été consacré au travail civil pour adapter la zone de réception des camions et les sites de stockage.

L'activité de la biomasse est menée pendant la période creuse, même si la distribution se fait toute l'année.

L'installation produit des grignons d'olives et des pulpes de betteraves, des grignons d'olives micronisés et des noyaux d'olives. Une partie de ces combustibles est consommée par l'agro-industrie tandis que le reste est vendu à de gros consommateurs (industrie de chaux et revendeurs de biomasse).

Séchage de maïs

Adapter les équipements de SAT n° 5 El Cierzo a été assez simple et rapide. La plupart des investissements étaient liés au génie civil. Le séchoir de céréales n'a eu besoin que d'une légère modification peu coûteuse pour être capable de sécher des noyaux d'olives. L'industrie a rapidement commencé son activité de commercialisation de noyaux d'olives de haute qualité. La plupart de ces combustibles sont actuellement distribués aux exploitants agricoles locaux bien que le marché des particuliers pour un chauffage résidentiel soit également visé afin de diversifier les consommateurs.

SAT n° 5 El Cierzo

Localisation Saragosse (Espagne)
Nombre d'années en service 2 ans
Capacité de production 4 kt/an de maïs
Période creuse Septembre - Janvier
Investissement 0,15 M€ principalement en génie civil, adaptation du séchoir, équipements de mesure du taux d'humidité et automatisation de la mise en sac.

Ile-de-France Sud
Localisation

Etampes (France)

Nombre d'années en service

6 ans

Capacité de production

500 tonnes d'issues de silos (potentiel de 1 500 tonnes)

Période creuse

Novembre - Mai

Investissement

400 000€ pour la ligne de granulation

Séchage de céréales

Cette coopérative de séchage de grains, en 2009, a dû trouver de nouveaux débouchés pour ses issues de silos et s'est lancée dans la production d'agro-granulés, travaillant avec RAGT énergie pour leur formulation. Elle a œuvré à la construction d'un partenariat avec la ville d'Etampes, la municipalité voisine, pour l'installation de chaudières adaptées. Elle utilise environ 500 tonnes de coproduits par an pour chauffer les installations de la commune (piscines, écoles etc.) et écoule le reste de sa production à des particuliers. Elle n'a réalisé l'investissement que de la chaîne de granulation et a optimisé ses autres installations et ses zones de stockage pour l'activité de centre logistique.

3. Les coproduits agricoles pour la production d'agro-combustibles

3.1. Coproduits agricoles: propriétés essentielles

Les coproduits agricoles correspondent à la fraction de la culture non valorisée :

- lors des opérations réalisées durant la collecte ou la taille des cultures : les coproduits dits de première transformation (ex : cannes, pailles, feuilles, tailles, rafles) ;
- lors des procédés de production alimentaire ou matériaux, également appelés coproduits de deuxième transformation (noyaux d'olives, issues de silos, marc de raisin) (S2biom, Cosette Khawaja, Rainer Janssen, 2014).

L'idéal, pour la mise en place d'un centre logistique de la biomasse, est la valorisation dans la nouvelle activité des propres coproduits de l'agro-industrie issus des procédés de seconde transformation. Ce centre logistique peut également inclure des matières issues des exploitations de ses adhérents ou de ses fournisseurs (ex : cannes de maïs dans le cas de fournisseurs d'une industrie de grains) ou de seconde transformation de leurs consommateurs (ex : un coproduit issu d'un produit vendu par la coopérative non valorisé par leur client).

Afin de pénétrer le marché de la biomasse, le centre logistique doit répondre aux attentes du consommateur en matière de qualité et être compétitif par rapport aux autres ressources en biocombustibles disponibles.

Les principales caractéristiques influençant la qualité du combustible sont :

- Le taux d'humidité;
- Le taux de cendres;
- Le taux de minéraux : azote, chlore, soufre ;
- Le PCI ;
- La température de fusion des cendres ;
- La granulométrie ;
- La densité apparente.

Le taux d'humidité:

Le taux d'humidité dans les tissus vivants de la plante varie tout au long du cycle de vie du végétal et généralement décroît lors des arrêts végétatifs (pendant l'hiver) ou lors de la senescence (après la formation du grain pour les cultures annuelles). Une plante en croissance peut atteindre un taux d'humidité de 60% alors qu'une plante en sénescence peut avoir un taux d'humidité bien plus faible (les pailles de blé dans les zones méditerranéennes atteignent parfois moins de 20% d'humidité).

Les biomasses utilisées à des fins énergétiques peuvent être classées en deux catégories en fonction de leur taux d'humidité : un coproduit humide avec un taux d'humidité supérieur à 60% (de la masse humide) est adapté à la production de biogaz à travers la digestion anaérobie, alors que les coproduits secs, ayant un taux d'humidité plus faible, sont plus appropriés aux procédés de combustion.

Le taux d'humidité est l'un des critères principal de qualité, essentiel pour la définition du PCI. Les coproduits humides, avec un fort taux d'humidité, ne sont pas adaptés à la production de chaleur dans une chaudière de petite ou moyenne puissance (généralement utilisées par les particuliers ou les exploitations agricoles). Quelle que soit la biomasse, une certaine proportion d'eau sera vaporisée lors du procédé de combustion. L'énergie nécessaire à cette phase réduit le PCI de la matière première. Un coproduit avec un faible taux d'humidité a, par conséquent, un PCI plus élevé que le même coproduit avec un taux d'humidité plus important.

Un fort taux d'humidité est également une contrainte pour le stockage à long terme puisqu'il peut conduire à des risques d'incendie ou de pertes de matières et donc d'énergie de par l'activité biologique (fermentation) qui s'y développe.

Taux de cendres

La cendre est un résidu qui ne peut pas être incinéré, issu de la combustion de la biomasse. Elle contient un fort taux de matière minérale et peut ainsi être utilisée comme fertilisant sur les champs¹. En fonction du coproduit, le taux de cendres peut fortement varier, de 1 % à 10 % de la matière sèche. Un taux de cendres élevé peut réduire le PCI, augmenter les émissions de particules et les opérations de maintenance. La cendre est un déchet qui doit être géré comme tel.

Le taux de cendres dans la partie de la plante considérée comme un coproduit de culture, peut varier autour de 1 % ou de 2 %. Il augmente toutefois jusqu'au consommateur final à travers les apports d'éléments extérieurs (sols, poussières, cailloux) lors des opérations de collecte, maintenance, transport.

Température de fusion des cendres

A une certaine température, les cendres issues de la combustion de la biomasse fondent et peuvent entraîner la formation de mâchefer². Plus basse est la température, plus vite cette fusion va avoir lieu. Cette température dépend fortement du combustible : celle des coproduits agricoles est plus faible que celle des combustibles bois. C'est pourquoi une chaudière spéciale, adaptée, doit être utilisée avec une grille mouvante ou refroidissante ou un système d'élimination automatique des cendres.

Taux d'azote, de chlore et de soufre

Outre les émissions de poussières, d'autres émissions peuvent avoir lieu durant les procédés de combustion de la biomasse. Elles dépendent du type de biomasse aussi bien que de la chaudière et du mode de fonctionnement (notamment taux de charge totale ou partielle). Certaines de ces émissions sont dues au taux d'azote, de chlore, de soufre de la biomasse. Une biomasse contenant un taux important de ces éléments minéraux peut ne pas correspondre aux limites imposées par la réglementation. Le taux de chlore peut causer des problèmes d'érosion, plus particulièrement avec la biomasse herbacée (en comparaison avec la biomasse ligneuse).

PCI

Le pouvoir calorifique inférieur (PCI) caractérise la quantité de chaleur libérée lors de la combustion complète du combustible. Il dépend fortement, comme mentionné précédemment, des taux d'humidité et de cendres. Le taux d'humidité ayant un fort impact sur le PCI, il est nécessaire, lors de comparaison entre différents bio-combustibles, de l'exprimer sur une base de matière sèche. En général, les énergies fossiles ont un PCI plus important que la biomasse. Le PCI de la biomasse ligneuse (en base sèche) est généralement légèrement supérieur à celui d'une biomasse d'origine agricole.

La densité apparente

La densité vrac présente la masse (kg) d'agro-combustibles solides pouvant être stockée dans une pièce d'un mètre cube. La biomasse solide a, en général, une densité apparente faible en comparaison avec les énergies fossiles. Les coproduits stockés en vrac comme la paille ou le foin ont une densité qui peut croître de façon drastique lors d'un procédé de granulation. Cette densité a un impact majeur dans la définition des capacités de stockage aussi bien que dans le coût de transport. Les biomasses aux fortes densités sont meilleur marché (lors du transport) et nécessitent moins d'espaces de stockage, critère important, notamment dans le choix réalisé par les particuliers.

Granulométrie

La granulométrie décrit la forme, le volume, les dimensions (largeur, longueur, hauteur) ainsi que la texture de surface d'un combustible. Il présente les différences rencontrées sur un combustible, notamment le taux

¹ Veiller à la réglementation liée à la teneur en minéraux des cendres en France avant épandage (NDT)

² Le mâchefer consiste en une agrégation de silices et d'éléments minéraux formés lors de la fusion des cendres. Le point de fusion des cendres joue un rôle important dans l'évaluation du risque de formation de ce mâchefer, tout comme la présence d'éléments minéraux (Si, K, Ca, Mg...)

de particules fines ou de grosses particules. La dimension et la taille des particules permettent de déterminer le système d'alimentation et la technologie de combustion les plus appropriés pour le projet. Les combustibles aux formes et tailles extrêmement variables peuvent entraîner de nombreuses contraintes.

Synthèse des données

Les coproduits agricoles dépendent de différentes propriétés et ne sont pas toujours aptes à être granulés ou utilisés en chaudières. Ces propriétés peuvent être drastiquement modifiées lors des étapes de récolte, de manipulation, de stockage ou de prétraitement. La Table 2 présente les principales caractéristiques d'un certain nombre de coproduits agricoles issus des transformations primaires et secondaires.

Table 2 : Propriétés générales de divers coproduits issus de première ou deuxième transformation
(Réseau Mixte Technologique Biomasse et Territoires, 2015) (ADEME, Avril 2013) (Kristöfel Christa, 2014)³

	Paille de céréales	Cannes de tournesols	Pailles de colza	Menues pailles	Cannes de maïs	Rafles de maïs	Sarments de vigne	Marc de raisin	Issues de silos	Noyaux d'olives	Grignons d'olives	Tourteaux de colza	Coques d'amandes
PCI (kWh/kg MS)	4,1 - 5,3	5	3,9	5	4,6 - 5,3	4,1 - 4,6	4,1 - 5	3,8 - 5,7	4 - 4,6	4,4	4,9 - 5,1	5,8	4,9 - 5,1
Taux de cendre (% MS)	3 - 8	9 - 12	7 - 8	3,4	10 - 17	1 - 3	2,1 - 4,5	3,5 - 11	4 - 10	<1	9 - 12	6,5	9 - 12
Taux d'humidité (% MH)	9-15	35 - 45	13 - 14	15 - 25	15 - 18	6 - 30	15	50 - 60	10 - 12	12 - 13	35 - 45	9	35-45
Température de fusion des cendres (°C)	800-1000	1395	1425	1300	1250	900 - 1300	800 - 1500	1300	1050	-----	1310	860 - 1115	1395

Dans ce document, seuls les coproduits secs (taux d'humidité inférieur à 60% de matière humide) seront traités. Le cas des bois forestiers ne sera pas abordé.

3.2. Coproduits agricoles : potentialités et recommandations d'usage

3.2.1. Coproduits primaires issus de cultures annuelles

Les cultures annuelles achèvent leur cycle de vie en une année. Le tonnage potentiel de coproduits issus de la collecte de la culture est très variable. Les méthodes de récolte et les préférences régionales des exploitants affectent directement la quantité collectée, tout comme le mode de production du coproduit (vrac sur le sol, balle) ou son format, sa densité, l'apport de potentiel matière minérale (particules de sol, poussières).

L'un des enjeux principaux de disponibilité de la matière sèche issue des cultures annuelle est le retour au sol de la matière organique, nécessaire pour les sols à faible teneur en matière organique, limitant la disponibilité de la biomasse extraite sans compromettre la fertilité ou les propriétés du sol. Concernant la préservation des sols, le retour des coproduits au sol est l'une des éco-conditions de la PAC pour les cultures annuelles ; ainsi, même lorsqu'aucune utilisation compétitive n'est recensée, les exploitant peuvent privilégier ce déboucher pour répondre aux éco-conditionnalités des aides PAC.

Près de 120 millions de tonnes de coproduits agricoles seraient disponibles pour la bioénergie dans l'Union Européenne, après avoir pris en compte les utilisations compétitives et la nécessité de retour au sol de la matière organique. (Chris Malins, October 2013).

³ La table présente des taux d'humidité extrêmement variables. Pour les coproduits issus de première transformation, ils ne correspondent pas au taux d'humidité de la plante à la récolte mais à des stades ultérieurs sur la chaîne logistique.



La rafle de maïs est la partie centrale de l'épi, coproduit de la production de grains.

Elle peut être laissée au champ ou collectée dans le cas du maïs semence.

Recommandations

Les rafles de maïs ont une densité énergétique plus faible que les combustibles bois. Cette caractéristique doit être prise en compte lors de la définition des méthodes de transport, de stockage, du système d'alimentation ou de combustion. Pour des raisons logistiques, cette énergie doit être valorisée plutôt à l'échelle locale.

La rafle de maïs est abrasive et peut endommager les équipements, notamment de broyage ou de granulation. En cas de combustion dans des équipements inadaptés, la production de mâchefer et la fusion de cendres peuvent intervenir, bloquant les systèmes de nettoyage des gaz de combustion.



La paille est un coproduit des céréales (blé, orge, avoine, riz) composé de matières lignocellulosiques (les tiges sèches de la plante et les feuilles)

après la récolte des grains.

La paille est stockée sous différentes tailles de balle (généralement de 100 à 250 kg/m³). Sa collecte et les technologies logistiques associées sont bien établies, ce coproduit étant utilisé depuis des siècles pour de multiples utilisations telles que l'alimentation animale ou le paillage. De nos jours, d'autres utilisations compétitives se sont développées : matière première industrielle, énergétique. Entre 3 et 5 tonnes de pailles sont produites par hectare.

Recommandations

Le temps / climat influence considérablement les propriétés de la paille. Lorsqu'elle est collectée sous forme de balle, le taux d'humidité ne doit pas dépasser 20 % pour limiter la prolifération de moisissures et la fermentation, pouvant provoquer une augmentation de température et un risque d'incendie lors du stockage. Un entreposage extérieur est moins coûteux mais peut diminuer la qualité du produit par lessivage.

La présence de chlore et de minéraux alcalins dans la paille est un fort inconvénient. Ces éléments peuvent mener au développement de molécules corrosives pour les chaudières et les tuyaux.

La conversion de la paille en énergie peut nécessiter des équipements dédiés de par la faible température de fusion des cendres (menant à la production de mâchefer).

De nombreux autres coproduits peuvent être issus de cultures annuelles selon les régions et les cultures présentes. La majorité peut être utilisée comme combustible selon ses propriétés comme les cannes de tournesol, les pailles de colza, les menues pailles ou les cannes de maïs. D'autres résidus primaires peuvent également être valorisés pour la bioénergie comme les prairies permanentes, les haies de bocages, les balles de riz, la lavande etc.

3.2.2. Coproduits de première transformation issus des cultures pérennes.

Les tailles des cultures permanentes comme les vignobles, les oliviers, les arbres à fruits drupes, à baies ou à fruits secs peuvent être valorisées. Cette matière première ligneuse représente une large ressource non encore exploitées, particulièrement dans les pays européens : elles présentent 10,6Mha en Europe (Europruning, 2015), principalement des cultures d'oliviers et des vignobles en Espagne, en Italie, en France, en Grèce et au Portugal. La composition des tailles de ces différents arbres varie selon la composition du bois et la présence de feuilles sur les branches (comme sur les oliviers et les citronniers). Leurs propriétés dépendent de la forme de l'arbre et des procédés agronomiques. Leurs caractéristiques comme combustible sont similaires à celles d'un bois forestier.



La taille de vigne est un coproduit issu de la viticulture. Les sarments de vignes sont taillés chaque

année en hiver. La production de ces tailles dépend des conditions pédoclimatiques, des procédés agronomiques, de la variété, de la densité du vignoble (pieds à l'hectare) etc. La production est estimée entre 1 et 2 tonnes de biomasse à l'hectare de matière sèche. Ces sarments peuvent être collectés, bien que la pratique la plus courante soit un broyage des fragments laissés au sol comme apport de matière organique.

Recommandations

Les tailles de vigne ont un taux de cendres supérieur à celui du bois, de par leur forte teneur en écorces et l'intégration de particules de sol lors de leur collecte. Des métaux lourds issus du sol et de produits chimiques appliqués peuvent rester liés au bois, relâchés dans les fumées ou se retrouver dans la cendre (entre autre, le zinc, le cuivre et l'arsenic). Pour cette raison, la cendre produite lors des procédés de combustion doit être analysée avant épandage sur les sols des vignobles.

A cause du fort taux d'humidité, un stockage sans séchage n'est pas recommandé (lié aux problèmes de fermentation). Les sarments peuvent être séchés directement sur le sol du vignoble jusqu'à avril puis être traités et stockés facilement. Les chaudières doivent pouvoir accepter ce matériau qui peut comporter, en fonction des techniques de collecte, une quantité non négligeable de terre ou de petites pierres.

D'autres cultures permanentes comme les oliviers, les arbres fruitiers produisent des tailles. La production de ces bois à l'hectare varie entre les différentes cultures, le degré d'intensification, le climat, le type de travail effectué sur ces tailles. Malgré ces disparités, le potentiel annuel est estimé entre 0,5 et 2 t/ha.

3.2.3. Coproduits secondaires des procédés industriels

Les résidus agricoles secondaires sont des sous-produits des procédés industriels. Leurs propriétés physico-chimiques et leur disponibilité (quantité et saisonnalité) dépendent non seulement de la matière première (coproduit primaire) mais également du procédé industriel lui-même. Ils sont plus simples à collecter que les coproduits primaires car concentrés sur les sites de production.



Le marc de raisin humide provient de procédés de vinification et contient de la peau, des rafles

et des pépins. Le rendement est d'environ 18 – 23 kg pour 100 L de vin.

Recommandations

Le taux d'azote important du marc peut mener à des émissions de NOx et de particules. Le taux de cendres est assez élevé et du mâchefer peut se former en combustion et émettre des particules dont le cuivre, le chrome ou le soufre.

Après quelques mois, cette matière première tend à se dégrader par fermentation, réduisant son potentiel énergétique.



Les issues de silos sont les coproduits issus du stockage et du traitement des grains, des grains endommagés, les poussières de céréales etc. Elles peuvent être facilement collectées lors des procédés logistiques d’approvisionnement, de séchage ou de stockage. Elles sont généralement utilisées en alimentation animale (non pas en format vrac mais sous forme de granulés) ou peuvent être brûlées pour sécher les grains. La production est estimée entre 0,5 et 2 t/ha.

Recommandations

Cette biomasse a un taux de cendres élevé et un fort taux d’azote, de soufre et de chlore pouvant conduire à l’émission de NOx, SOx et de particules fines.

Les issues de silos ont une très faible densité, propriété qui doit être prise en compte dans les considérations logistiques.



Les noyaux d’olives sont issus des procédés d’extraction d’huile, aux propriétés similaires à celles des granulés bois. L’Espagne est le principal producteur en Europe. Le noyau d’olive représenterait jusqu’à 20 % du poids du fruit.

Recommandations

Les noyaux d’olives comme combustibles doivent être lavés et séchés afin de limiter la quantité de chlore et de soufre naturellement présente dans les grignons. De par leur forme et leur forte densité vrac, ils peuvent être facilement stockés en silos.

D’autres coproduits issus d’une seconde transformation peuvent être cités comme les grignons d’olives, les pépins de raisins, les pulpes de betteraves, les coques de fruits secs, les rejets de fibres etc. En général, la majorité de ces coproduits industriels possède déjà un marché : alimentation animale, compostage, procédés industriels ou chimiques mais également la production de chaleur, d’électricité ou de biogaz.

3.3. Procédés de production de combustibles solides à partir de coproduits agricoles

Le but de la chaîne d’approvisionnement de la biomasse est de proposer un produit final en adéquation avec la demande en qualité du consommateur. L’organisation de la chaîne logistique démarre donc avec l’identification de la matière première et la corrélation avec les besoins des consommateurs (caractéristiques des combustibles en section 4). La chaîne finale proposée par l’entreprise dépendra de sa capacité à investir ou de ses équipements déjà existants, de la capacité d’entreprises extérieures à répondre à ses besoins. De nombreuses options sont envisageables (Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, 2015).

A cause de la diversité des matières premières, de l’impact de la logistique sur le prix final, des différents types de consommateurs, les chaînes logistiques doivent être étudiées au cas par cas. La disponibilité limitée de la biomasse doit également être prise en compte : la chaîne logistique doit être considérée à travers le prisme de la saisonnalité pour chaque coproduit envisagé et la possibilité de stockage. La manutention et les méthodes de traitement intégrées à la chaîne de valeur déterminent les propriétés finales de la biomasse. Les principales étapes de la chaîne logistique sont :

- 1) **La collecte**: c’est la première étape de la chaîne logistique. Elle dépend des méthodes de récolte (passage unique, multiple, collecte de la culture entière) ; les coproduits se trouvent sous différents formats et la qualité peut fortement varier, notamment suite à l’incorporation de particules du sol ou au lessivage.

- 2) **Le transport:** le transport de la biomasse a lieu à deux étapes de la chaîne logistique : le premier du champ à une zone de stockage intermédiaire ou à l'usine de traitement et le second de la zone de stockage intermédiaire jusqu'au consommateur final. La première étape se fait principalement sur route, sur de courtes distances avec une grande flexibilité. Pour la seconde étape, les distances sont plus longues et le transport peut se faire dans de larges camions. Le choix des systèmes de transport (et de chargement) dépend du format de la biomasse (vrac, balles etc.), de la densité après traitement, de la distance jusqu'au consommateur final, des infrastructures et équipements existants. Les méthodes de chargement de la biomasse peuvent également contaminer la matière avec l'incorporation de particules du sol (Biomass Energy Center, 2015).
- 3) **Le prétraitement:** les granulés et plaquettes sont généralement les formats les plus demandés par les consommateurs. C'est pourquoi les prétraitements les plus répandus sont la réduction de la taille des matières premières, le séchage et la granulation. L'objectif de ce prétraitement est d'améliorer les propriétés de la biomasse et les procédés de manutention, stockage, transport ou de combustion (Foday Robert Kargbo, 2009) (Biomass, 2013).
- **Réduction de la taille des fragments :** le broyage peut être nécessaire pour convertir la biomasse vrac comme la paille ou les branches dans un format compatible avec les chaudières classiques. Cette étape est notamment nécessaire avant la granulation, excepté pour les matériaux fins ou en poudre.
 - **Séchage :** la réduction du taux d'humidité permet d'améliorer le PCI de la biomasse et contribue à la réduction des risques de dégradation lors du stockage. Il peut être réalisé en tas placé sur un sol bétonné ou sous couvert, appelé généralement séchage naturel. Plusieurs semaines sont nécessaires et le taux d'humidité descend rarement en dessous de 20% d'humidité sauf sous climat très sec. Pour réduire ce taux d'humidité plus rapidement, l'utilisation d'équipements industriels peut être envisagée. Les séchoirs sont effectivement, des installations courantes dans les agro-industries.
 - **Granulation :** procédé consistant à compresser la matière première sous forme de granulés généralement jusqu'à 10 fois plus denses que le matériel habituel. Le comportement à la granulation de la biomasse dépend de nombreux facteurs, comme la nature de la matière première (et sa structure), la taille des fragments, le taux d'humidité et de matière minérale. Toutes les biomasses ne peuvent pas être facilement granulées et parfois des additifs sont nécessaires. Dans d'autres cas, afin de répondre à une qualité suffisante pour le marché, des mélanges entre plusieurs matières premières différentes peuvent être requis.
- 4) **Le stockage:** des zones de stockage suffisantes doivent être mises en place pour amortir la saisonnalité des procédés et assurer un approvisionnement régulier en biomasse (Biomass Energy Center, 2015). Le stockage doit être adapté aux types de biomasse (format, taux d'humidité), impliquant des coûts supplémentaires. Les biocombustibles solides ont une faible densité énergétique et requièrent donc de larges volumes de stockage (The Energy Crops Company, September 2007). Le stockage doit être fait sur une aire adaptée à une manutention ou un prétraitement futurs (si nécessaires) et au transport vers un consommateur final ou un intermédiaire (BioEnergy Consult, 2015).

4. Exigences de qualité sur le marché des biocombustibles

4.1. Marché des biocombustibles

Les biocombustibles, en Europe, sont utilisés pour la production de chaleur, de froid ou d'électricité. Les particuliers, les industries ou les exploitations agricoles sont des consommateurs potentiels.

Les consommateurs sont demandeurs de certaines caractéristiques et réalisent leur choix en fonction des équipements qu'ils possèdent. La qualité se base généralement sur les propriétés présentées en section 3, notamment le format (taille, granulométrie), le taux d'humidité et le taux de cendres ou un seuil donné quant à la teneur en minéraux (soufre, chlore etc.).

La qualité et la propension à payer vont de pair. Meilleures sont la qualité et la fiabilité du produit, plus élevé le prix de vente peut être fixé, augmentant les chances de construire des relations commerciales solides et de fortifier sa position sur le marché. Seules des installations très spécifiques peuvent gérer une biomasse hétérogène ou de mauvaise qualité. Les biomasses de haute qualité ou de qualité intermédiaire sont consommées par les particuliers, le secteur tertiaire ou les industries à consommation énergétique modérée. La qualité est donc un enjeu essentiel à analyser avant d'initier une activité de centre logistique.

Acceptation sociale

En Italie, les granulés sombres sont considérés comme étant de mauvaise qualité et ne peuvent pas être vendus. Les granulés doivent être de couleur claire.

4.2. Normes de qualité et systèmes de certification

La production d'un combustible de haute qualité à partir de biomasse agricole issue de transformations primaires ou secondaires n'est pas aisée, la majorité des coproduits agricoles ayant un fort taux de matière minérale provenant de la structure même de la plante (nutriments et sels inhérents à la matière organique et biominéraux impliqués dans la structure de la plante, comme le calcium sous forme d'oxalate ou phytolithe), en comparaison avec les troncs d'arbres forestiers. La production de combustibles à partir de matière agricole est peu répandue (excepté la commercialisation des noyaux d'olives, des coques d'amandes, des grignons d'olives et des pépins de raisins dans les pays méditerranéens). La solution pour proposer un produit de qualité répondant aux besoins des consommateurs peut être l'utilisation d'additifs ou la réalisation de mélanges avec une biomasse de plus haute qualité.

La consommation de granulés certifiés peut être obligatoire selon les pays. En Espagne, le nouveau programme sur la qualité de l'air prévoit des réglementations imminentes afin de limiter l'utilisation d'une biomasse non certifiée par les particuliers pour réduire les émissions de particules fines nocives dans des zones habitées.

Afin d'améliorer la qualité des agro-combustibles, le Comité de Standardisation CEN TC 335 sur les biocombustibles solides, mandate par la Commission Européenne, a développé une série de normes pour la classification des combustibles, la mise en place de protocoles de tests et d'échantillonnage ainsi que le développement d'une assurance qualité tout au long de la chaîne logistique. La plupart des normes européennes ont été intégrées à ces standards internationaux par l'ISO TC 238 « biocombustibles solides » en 2014 et ne sont plus en vigueur. Ces normes européennes se concentrent sur les utilisations non-industrielles alors que les normes ISO incluent également l'aspect industrie. Ces normes internationales devraient prochainement intégrer la biomasse aquatique comme matière première et classer la biomasse traitée thermiquement (torréfaction notamment).

Ces normes proposent une série d'exigences, de protocoles et de recommandations techniques liées à la qualité des combustibles. Elles peuvent être divisées en plusieurs catégories selon les caractéristiques ci-après :

Table 3 : Exemples de normes relatives à la biomasse

Thématique	Standards Européens (EN)	Standards internationaux (ISO)
Terminologie	EN 14588*	ISO 16559
Biocombustibles solides -- Classes et spécifications des combustibles	EN 14961 (séries) (6 parties)*	ISO 17225 (série) (8 parties)
Assurance qualité du combustible	EN 15234 (séries) (6 parties)	ISO/CD 17588
Echantillonnage et préparation des échantillons	EN 14778 and EN 14780	ISO/NP 18135 et ISO/NP 14780
Propriétés physiques et mécaniques	15 normes publiées	12 normes en développement
Analyses chimiques	6 normes publiées	6 normes en développement

(*) non encore en vigueur

La norme **ISO 17225:2014, Biocombustibles solides -- Classes et spécifications des combustibles**, peut être considérée comme la norme la plus importante à connaître en commençant une activité liée à la biomasse. La première partie de cette norme propose des principes clairs et univoques de classification des biocombustibles solides, servant d'outils pour permettre des échanges commerciaux efficaces et une bonne compréhension entre vendeur et acheteur ainsi que des moyens de communication avec les fabricants de matériel. Elle permet également de faciliter les procédures d'autorisation administrative et l'établissement de rapports.

L'**ISO 17225 parties 2-7** propose des classements en fonction des propriétés des différents produits (granulés de bois, briquettes de bois, plaquettes de bois, bois de chauffage, granulés non ligneux, briquettes non ligneuses) servant de recommandations quant à une qualité spécifique (exprimée par des classes telles que A1, A2 ou B) pour des usages domestiques, par exemple chez les particuliers, dans des petits commerces et des bâtiments du secteur public, soit dans des applications industrielles (ce dernier uniquement pour les granulés de bois).

De nombreux pays européens comme l'Autriche (ÖNORM M 7135), la Suède (SS 187120), la France (NF Granulés), l'Italie (CTI - R 04/5) ou l'Allemagne (DIN 51731 and DINPLUS) ont proposé des systèmes de certification pour les granulés, permettant de donner confiance aux consommateurs par une certification externe de la qualité du produit, basée sur des critères préétablis. A l'échelle européenne, la certification ENplus est la certification la plus commune pour indiquer un granulé bois de haute qualité. Les autres types de biocombustibles n'ont, pour l'instant, pas de système de certification spécifique.

Il est essentiel de souligner que, quand un service extérieur est sollicité pour une analyse qualitative du produit, il est fondamental de s'assurer que cette analyse respecte les normes ISO. Une liste est proposée en Annexe 2.

4.3. Des procédés durables

Comme tout marché en expansion, certains enjeux doivent être pris en compte pour permettre un véritable développement de la bioénergie. Une initiative liée à la biomasse, pour être durable dans le temps, doit être réalisée dans le cadre des piliers de développement durable, en respectant les dimensions économiques, sociales et environnementales. Un produit durable permet de justifier un prix plus élevé que les énergies fossiles et devient, dès lors, un fort argument de vente sur les marchés des biocombustibles (European Commission - Directorate General for Research and Innovation - SCAR, 2014).

BENEFICES ENVIRONNEMENTAUX

Réduction des émissions de gaz à effet de serre (la biomasse est considérée comme neutre en carbone)	Utilisation d'énergies renouvelables et mix énergétique ⁴	Combustible naturel, renouvelable et local
--	--	--

En termes de préoccupations environnementales, la réglementation pourrait proposer, dans le futur, des limites d'émissions de particules dans l'air sur les installations utilisant la biomasse comme énergie. C'est pourquoi il est important d'être proactif et de respecter les standards et réglementations actuelles pour se développer à moyen terme et s'assurer des débouchés.

BENEFICES ECONOMIQUES

Auto-suffisance énergétique	Réduction de la dépendance aux énergies fossiles	Prix stables non indexés sur le prix du pétrole
-----------------------------	--	---

En termes économiques, la durabilité est mise en place lorsque le centre logistique acquiert des parts de marché stables. C'est pourquoi il doit être économiquement compétitif tout en satisfaisant les consommateurs, notamment en termes de qualité. Cette qualité, les coûts de production et les coûts du marché sont liés. La stratégie commerciale est cruciale pour la réussite du centre logistique.

BENEFICES SOCIAUX ET DEVELOPPEMENT RURAL

Nouvelle activité à valeur ajoutée sur toute la chaîne logistique	Valorisation des équipements industriels	Création de nouveaux emplois (procédés, logistique)	Chaîne logistique et énergie locale
---	--	---	-------------------------------------

Les barrières sociales sont une préoccupation essentielle pour la solidité des opérations du centre logistique. Il est recommandé de privilégier des techniques de manutention ou de production qui ne causeront pas de nuisances visuelles, sonores ou olfactives. Les consommateurs actuels doivent être informés des nouvelles activités de l'agro-industrie.

Critères de durabilité de la biomasse dans l'Union Européenne (European Commission, 2015)

La directive Energie Renouvelable 2009/28/EC propose des critères contraignants pour les biocarburants et bioliquides, mais non pour les biocombustibles solides ou gazeux. En 2011, la Commission Européenne a délivré des recommandations non contraignantes sur des critères de durabilité pour ces deux combustibles (applicables à des installations énergétiques d'au moins 1MW de chaleur thermique ou électrique). En résumé, ces annonces non contraignantes suggèrent (European Commission, 2010):

- Interdire l'utilisation de biomasses issues de terres déforestées ou d'autres zones de stockage de carbone importantes ou de grandes réserves en biodiversité. ;
- S'assurer que ces biocombustibles émettent au moins 35% de moins de gaz à effet de serre tout au long de leur cycle de vie (culture, procédés, transport etc.) en comparaison avec les énergies fossiles. Pour les nouvelles installations, ce taux sera augmenté à 50% en 2017 et 60% en 2018 ;
- Favoriser les régimes de soutien nationaux de la biomasse pour des installations à haut rendement ;
- Encourager le suivi de l'origine de toutes les biomasses consommées dans l'Union Européenne pour s'assurer de leur durabilité.

⁴ La biomasse est considérée comme une énergie renouvelable de par le faible temps nécessaire à sa régénération. Lors de la combustion de cultures annuelles, l'équivalent du carbone libéré est absorbé rapidement par de nouvelles plantes en croissance, c'est pour cela que la biomasse est considérée comme « neutre en carbone ». La différence principale avec les énergies fossiles, comme le charbon, est que ces dernières contiennent un carbone séquestré depuis des centaines, voire des millions d'années, et n'est pas réabsorbé lors de sa combustion. De plus, peu importe que la biomasse soit brûlée ou se décompose naturellement, la même quantité de CO2 sera libérée dans l'atmosphère.

En 2014, la Commission Européenne a publié un rapport sur la durabilité des biocombustibles solides et gazeux pour la production de chaleur et d'électricité. Ce rapport inclut les informations sur les actions de l'Europe actuellement en œuvre et prévues pour maximiser les bénéfices liés à l'utilisation de la biomasse tout en limitant les impacts négatifs sur l'environnement. Une fois encore, ces critères de durabilité ne sont pas contraignants.

Les tendances actuelles laissent supposer que les politiques futures venant de l'intérêt grandissant de la Commission Européenne sur la biomasse pourraient promouvoir la durabilité, accompagnées par des réglementations plus restrictives pour les combustibles solides. Ces prescriptions pourraient s'accompagner d'instruments officiels tels que les lois ou d'autres procédures à suivre par les producteurs de biomasse et les consommateurs, démontrant la durabilité de leurs produits. Ceux ne répondant pas aux critères susnommés pourraient être exclus des programmes de soutiens (tarifs de rachat des énergies, soutien à l'investissement) et pourraient ainsi être désavantagés par rapport à leurs concurrents.

Messages clefs pour le lecteur

Ce guide a été élaboré pour les agro-industries intéressées pour démarrer une nouvelle activité de centre logistique de la biomasse. Il présente les informations minimales que SUCELLOG considère comme essentielles pour une agro-industrie inexpérimentée dans le domaine de la manutention, du traitement et de la commercialisation des agro-combustibles avant d'initier une nouvelle activité liée à la biomasse.

- La demande en biocombustibles durables est grandissante en Europe et les coproduits agricoles représentent un large potentiel pour diversifier les sources d'approvisionnement.
- Les agro-industries ont une position stratégique pour commencer une nouvelle activité de production d'agro-combustibles :
 - Elles travaillent déjà avec des matières premières organiques ;
 - Leurs équipements de manutention, de séchage ou de granulation peuvent être utilisés pour traiter la matière première pour la production de combustibles ;
 - Elles peuvent utiliser leurs équipements et autorisations pour le stockage et la distribution ;
 - Elles ont un réseau commercial déjà existant et des contacts pouvant les soutenir dans le lancement de la commercialisation du produit ;
 - Elles peuvent travailler de façon saisonnière comme centre logistique durant leurs périodes creuses ou d'arrêt d'activités.
- Plusieurs cas respectant ce concept fonctionnent en Europe, pionniers démontrant la faisabilité d'une telle approche.
- Les coproduits agricoles présentent généralement une qualité inférieure aux ressources forestières, principale biomasse solide utilisée comme combustible en Europe. Parvenir à une qualité similaire n'est pas aisé et les agro-combustibles peuvent ne pas être compatibles avec les systèmes de chaleur généralement utilisés par le consommateur final.
- La stratégie des agro-industries pour percer le marché ne doit pas être liée uniquement au prix compétitif mais également à la qualité. Proposer la qualité attendue par le consommateur ciblé est un plus et une étude de marché préalable est grandement recommandée. Les qualités et la conformité aux normes sont cruciales pour construire des partenariats durables avec les consommateurs.
- La chaîne d'approvisionnement de la biomasse est une clef pour obtenir une matière première avec un faible taux d'humidité et de cendres et donc un produit de meilleure qualité. C'est pourquoi elle doit être développée avec attention.
- Il existe des normes ISO proposant des recommandations liées à la qualité pour les différents profils de consommateurs. Ces normes établissent les nomenclatures à utiliser et les procédures pour déterminer les propriétés de la biomasse.
- Aucun critère de durabilité contraignant pour les biocombustibles solides n'a déjà été communiqué par la Commission Européenne.

Annexes

Annexes 1 : traitement de la biomasse

Combustion: action de brûler de la biomasse (ou des énergies fossiles telles que le charbon ou le pétrole), produisant une réaction chimique exothermique à haute température entre le combustible et un oxydant (généralement l'air). Le bois est la biomasse la plus communément utilisée comme matière première mais les coproduits agricoles (pailles, noyaux), les résidus forestiers (pailles, écorces, sciure) ou les cultures énergétiques peuvent également être brûlés. L'énergie thermique produite par combustion est utilisée pour divers débouchés tels que la cuisine, l'éclairage, la production d'électricité, le chauffage industriel ou domestique.

Digestion anaérobie (Gasification Technologies Council, 2015): série de procédés biologiques durant lesquels des micro-organismes dégradent la matière en absence d'oxygène. Ce procédé peut être utilisé à des fins industrielles ou domestiques pour produire du biogaz, gérer les déchets (lisiers, coproduits) ou utiliser les cultures énergétiques (maïs). Le biogaz, l'un des produits de cette digestion, est principalement composé de méthane et de dioxyde de carbone et peut être brûlé afin de produire de l'électricité ou utilisé comme combustible pour le transport (European Biofuels, 2015).

Production de biocarburant pour le transport (European Biofuels, 2015) (Biofuel.org.uk, 2015): les biocarburants correspondent à tout carburant hydrocarboné produit à partir de matière organique sur une courte période (à l'échelle du jour ou du mois, par contraste avec les énergies fossiles formées sur une échelle de millions d'années). Ils sont divisés entre les carburants de première génération (issus des tissus de la plante riches en sucre, en amidon ou en huile végétale) et de deuxième génération (à partir de matière première lignocellulosique telle que la paille ou le bois). Les carburants issus des algues sont dits de troisième génération. Les deux procédés suivants sont utilisés pour la production de biocarburants :

- **Transestérification:** pour la production de biodiesel, les huiles végétales sont extraites et estérifiées suite à l'addition d'alcools et d'un catalyseur (sodium ou hydroxyde de potassium).
- **Fermentation:** pour la production de bioéthanol, la biomasse lignocellulosique est hydrolysée, fermentée et distillée, un procédé bien connu basé sur la conversion enzymatique de l'amidon en sucres (IEA, International Energy Agency, 2015) (Biofuel.org.uk, 2015).

D'autres procédés peuvent être cités comme la pyrolyse (décomposition chimique à haute température en absence d'oxygène), la torréfaction (procédé thermique durant lequel les propriétés de la biomasse sont modifiées pour obtenir une bien meilleure qualité du combustible pour une future étape de combustion ou de gazéification) ou la gazéification (procédé convertissant toute matière contenant du carbone en gaz de synthèse) (Gasification Technologies Council, 2015).

Annexe 2: Normes ISO

- ISO 16559, Biocombustibles solides — Terminologie, définitions et descriptions
- ISO 16948, Biocombustibles solides — Détermination de la teneur totale en carbone, hydrogène et azote
- ISO 16968, Biocombustibles solides — Détermination des éléments mineurs
- ISO 16994, Biocombustibles solides — Détermination de la teneur totale en soufre et en chlore
- ISO 17225-1, Biocombustibles solides — Classes et spécifications des combustibles -- Partie 1: Exigences générales
- ISO 17828, Biocombustibles solides — Détermination de la masse volumique apparente
- ISO 17829, Biocombustibles solides — Détermination de la longueur et du diamètre des granulés
- ISO 17831-1, Biocombustibles solides — Détermination de la résistance mécanique des granulés et des briquettes -- Partie 1: Granulés
- ISO 18122, Biocombustibles solides — Méthode de détermination de la teneur en cendres
- ISO 18134-1, Biocombustibles solides — Dosage de la teneur en humidité -- Méthode de séchage à l'étuve -- Partie 1: Humidité totale -- Méthode de référence
- ISO 18134-2, Biocombustibles solides — Dosage de la teneur en humidité -- Méthode de séchage à l'étuve -- Partie 2: Humidité totale -- Méthode simplifiée

Abréviations

% : pourcentage

°C : degrés Celsius

ADEME : Agence française de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie

PAC : Politique Agricole Commune

MH : matière humide

Déc. : Décembre

CE : Commission Européenne

UE : Union Européenne

UE-27 - Europe des vingt-sept : Union Européenne à 27 pays membres (Allemagne, Belgique, France, Italie, Luxembourg, Pays-Bas, Danemark, Irlande, Royaume-Uni, Grèce, Espagne, Portugal, Autriche, Finlande et Suède, Chypre, Estonie, Hongrie, Lettonie, Lituanie, Malte, Pologne, République tchèque, Slovaquie, Slovénie, Bulgarie et la Roumanie).

UE-28 – Europe des vingt-huit : UE-27 + Croatie (depuis le 1^{er} juillet 2013)

Fév. : Février

ha : hectare

Jan. : Janvier

Juil. : Juillet

kg / 100 litres de vin : kilogrammes de matières premières contenus dans 100 litres de vin

kg : kilogramme

kt/an : 1 000 tonnes par an

kWh : kilowatt heure

Nov. : Novembre

NOx : oxydes d'azote

Oct. : Octobre

PCI : Pouvoir Calorifique Inférieur

Sept. : Septembre

SOx : Oxydes de soufres

Tep. : tonnes équivalent pétrole

% MS : pourcentage de matière sèche

Droits sur les photos (copyrights)

Figure 3: Styrian Chamber of Agriculture and Forestry
 Figure 4 : Pilar Fuente Tomai, Union de la Coopération Forestière Française
 Figure 5: DREAM - Dimensione Ricerca Ecologia Ambiente
 Figure 6: CIRCE
 Figure 7: Styrian Chamber of Agriculture and Forestry
 Figure 8: DREAM - Dimensione Ricerca Ecologia Ambiente
 Figure 9: DREAM - Dimensione Ricerca Ecologia Ambiente
 Section 3.2 – Rafles de maïs: Cosette Khawaja, WIP - Renewable Energies
 Section 3.2 - Paille: RAGT Energie SAS
 Section 3.2 – Sarments de vignes: RAGT Energie SAS
 Section 3.2 – Marc de raisin: RAGT Energie SAS
 Section 3.2 – Issues de silos: RAGT Energie SAS
 Section 3.2 – Noyaux d’olive: CIRCE

Liste des tables

Table 1 : Synergies entre les périodes creuses d’activité (vert) et la saisonnalité de la disponibilité de la biomasse (marron).....	12
Table 2 : Propriétés générales de divers coproduits issus de première ou deuxième transformation	20
Table 3 : Exemples de normes relatives à la biomasse	26

Liste des figures

Figure 1: Principaux procédés d’extraction d’énergie à partir de biomasse.....	6
Figure 2 : Part des énergies renouvelables dans la consommation intérieure brute d’énergie dans l’Europe des Vingt-Huit (European Commission, 2015).....	7
Figure 3: Description du concept de centre logistique de la biomasse	10
Figure 4 : Séchoir horizontal – Luzéal - France	13
Figure 5 : Granulateur alimentation animale - Progeo Masone - Italie	13
Figure 6 : Séchoir de céréales - SAT el Cierzo - Espagne	13
Figure 7 : Manutention des rafles de maïs - Tschiggerl Agrar GmbH - Autriche	13
Figure 8 : Santa Maria La Palma - cave à vin - Italie	14
Figure 9 : Zone de stockage- Agricola Latianese industrie d’extraction d’huile	15

Liste des références

- ADEME. (Avril 2013). *BRAN BLENDING Développement de biocombustibles standardisés à base de matières premières agricoles et à faible taux d'émissions*. ANGERS.
- BioEnergy Consult. (2015). *Biomass storage methods*. Retrieved 2015, from Powering clean energy future: <http://www.bioenergyconsult.com/>
- Biofuel.org.uk. (2015). *How to make Biofuels*. Retrieved 2015, from Biofuel, the fuel of the future: <http://biofuel.org.uk/>
- Biomass Energy Center. (2015, May). *The Biomass Energy Centre is the UK government information centre for the use of biomass for energy in the UK*. Retrieved 2015, from <http://www.biomassenergycentre.org.uk/>
- Biomass, S.-S. B. (2013). *Caixia Wan, Yebo Li*.
- Chris Malins, S. S. (October 2013). *Availability of cellulosic residues and wastes in the E*. ICCT, the international council on clean transformation.
- EEA, Scarlet & al etc. (n.d.). *Biomass Futures project*.
- European Biofuels. (2015). *Biogas/Biomethane for use as a transport fuel*. Retrieved 2015, from Technology platform, accelerating deployment of advanced biofuels in Europe: <http://www.biofuelstp.eu/biogas.html>
- European Commission. (2010). *Report on sustainability requirements for the use of solid and gaseous biomass sources in electricity, heating and cooling [COM/2010/11]*.
- European Commission. (2015). *Energy Biomass*. Retrieved from <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/biomass>
- European Commission. (2015). *Europe 2020 in a nutshell*. Retrieved 2015, from Europe 2020: <http://ec.europa.eu/europe2020>
- European Commission. (2015). *Eurostat*. Consulté le 2015, sur <http://ec.europa.eu/eurostat>
- European Commission. (2015). *Eurostat*. Retrieved from <http://ec.europa.eu/eurostat>
- European Commission. (2015). *Supply, transformation and consumption of heat - annual data*. Retrieved 2015, from Eurostat: <http://ec.europa.eu/eurostat>
- European Commission - Directorate General for Research and Innovation - SCAR. (2014). *Where next for the European bioeconomy*. Brussels.
- Europruning, C. (2015). *Europruning, Deliverable Reporting, D3.1 Mapping and analysis of the pruning biomass potential in Europe*.
- Foday Robert Kargbo, J. X. (2009). *Pretreatment for energy use of rice straw: A review*. *African Journal of Agricultural Research Vol. 4 (12), December 2009 Special Review*.
- Gasification Technologies Council. (2015). *What is Gasification?* Retrieved 2015, from <http://www.gasification.org/>
- Kristöfel Christa, W. E. (2014). *MixBioPells, Biomass report*.

Michael Carus, nova-Institut. (August 2012). *Bio-based Economy in the EU-27: A first quantitative assessment of biomass use in the EU industry*. Nova Institute for ecology and innovation.

Observ'ER. (2013). *The state of renewable energies in Europe, 13th EurObserv'ER Report*. Paris.

Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. (2015). *Biomass feedstocks*. Retrieved 2015, from Energy.gov: www.energy.gov

Réseau Mixte Technologique Biomasse et Territoires. (2015). Retrieved 2015, from Biomasse-territoire.info: <http://www.rmtbiomasse.org/>

S2Biom, Cosette Khawaja, Rainer Janssen. (2014). *Sustainable supply of non-food biomass for a resource efficient bioeconomy*. Munich, Germany.

Scarlat N, M. M. (2010). *Assessment of the availability of agricultural crop residues in the European Union: potential and limitations for bioenergy use*.

The Energy Crops Company. (September 2007). *Wood pellet fuel utilisation design guide*.