



Guide Pratique - N° 7

# Bioénergie



**Édition:** Sarriguren (Navarre-Espagne), Août 2011

Remar, Réseau Énergie et Environnement  
[www.redremar.com](http://www.redremar.com)

**Édite:** CENER - National Renewable Energy Center of Spain  
[www.cener.com](http://www.cener.com)

**Contenu:** Red Remar (CENER)

**Conception graphique:** Red Remar

**Mise en page:** alfar&berango

**Dépôt Legal:** 2660/2011

CENER©2011

## Présentation



Avec les enjeux sociaux, les enjeux environnementaux et énergétiques seront déterminants dans le développement de l'économie de demain. Changement climatique, fin de l'économie pétrole, raréfaction des ressources, impact sur la biodiversité... telle est la nouvelle grille d'analyse que doit utiliser tout décideur qu'il soit public ou privé dans ses décisions à moyen ou long terme.

Dans toutes les régions européennes, les acteurs socio économiques sont donc à la recherche de solutions plus propres et plus sobres pour répondre de manière plus durable à leurs clients ou leurs administrés.

Pour répondre à cette demande de solutions, des acteurs économiques de chaque région exercent leur capacité d'innovation et développent des solutions plus durables, qu'elles soient technologiques ou organisationnelles.

Réunissant 9 partenaires des régions de Navarre, Euskadi, La Rioja et Aquitaine, le Projet REMAR avait pour ambition de contribuer à la fois à l'information des acteurs à la recherche de solutions et de promouvoir des coopérations transrégionales pour développer des solutions innovantes dans 9 thématiques environnement et énergie.

Le document que vous avez dans les mains est le fruit du travail des partenaires de REMAR sur une de ces 9 thématiques. Il a pour but de vous faire appréhender les grands enjeux de la thématique et d'illustrer par des exemples issus des différentes régions les solutions possibles.

Je vous en souhaite bonne lecture.

Benoit de Guillebon

Directeur de l'APESA, Chef  
de file du projet REMAR

## Les autres guides pratiques

1. Gestion des déchets
2. Bioplastiques
3. Impacts environnementaux
4. Traitement des pollutions : sols et eaux
5. Eco efficacité industrielle
6. Mobilité durable
- 7. Bioénergie**
8. Energies renouvelables
9. Gestion durable

### Partenaires:



### Cofinancé par:



# Sommaire

<b>1. Aspects généraux de la Bioénergie.....</b>	<b>06</b>
1.1- Introduction.....	07
1.2.- La ressource de la biomasse.....	09
1.2.1 - Le potentiel de biomasse.....	15
1.3.- Applications énergétiques et leurs technologies.....	20
1.3.1.- Biocarburants.....	21
1.3.2.- Chaleur.....	22
1.3.2.1.- Utilisations domestiques.....	24
1.3.2.2.- Utilisations industrielles.....	25
1.3.3.- Electricité.....	26
1.4.- Aspects économiques.....	27
1.5.- Aspects environnementaux.....	30
<b>2.- Exemples pratiques.....</b>	<b>34</b>
2.1.- Taillis à Courte Rotation (Euroinnova).....	35
2.2.- Centre de Traitement de la Biomasse (CENER).....	38
2.3.- District Heating (Valle Ultzama).....	41
2.4.- Chauffage de Zone Industrielle (Turbomeca).....	43
2.5.- Piles de Combustibles (Leia-Teknalia).....	44
2.6.- Biométhanisation (Valle Ultzama).....	47
2.7.-Application à l'Agriculture (Serres).....	49
2.8.- Microalgues (Gaiker).....	52
2.9.- Application Industrielle (Séchage de matière première – Agralco).....	54
2.10.- Application Industrielle (Grupo ONA).....	57
<b>3.- Références et contacts intéressants.....</b>	<b>59</b>
3.1.- Bibliographie.....	60
3.2.- Liens.....	62

# **1. Aspects Généraux de la Bioénergie**

## 1.1 Introduction

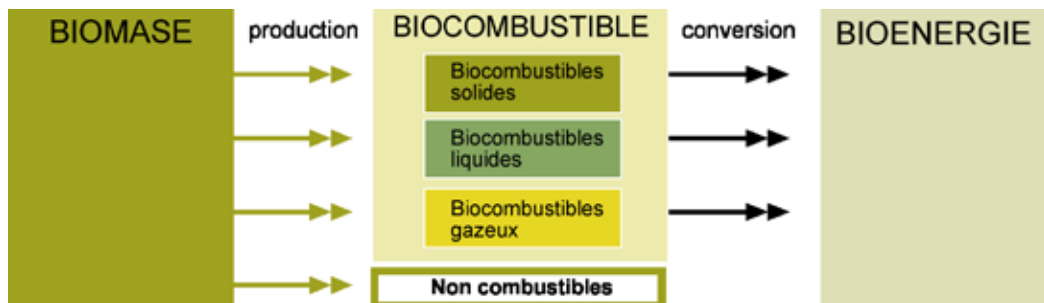
La biomasse a traditionnellement constitué l'une des principales sources énergétiques de l'humanité et, aujourd'hui encore, dans de nombreux domaines et régions du monde, elle continue d'être la principale source énergétique.

L'OCDE/IEA<sup>1</sup> parle, dans différentes estimations, d'un potentiel mondial se situant de 440 à 1130 EJ<sup>2</sup> au cours de l'année 2050, ce qui nous donne une idée de son importance. Selon ce même organisme, la biomasse représente actuellement 10% 550 EJ [1] de l'énergie primaire fournie au niveau mondial, la source principale d'énergie et prenant dans de nombreux pays en voie de développement, la forme de bois ou de charbon végétal pour fournir de la chaleur et pour cuisiner [2]

Mais qu'entend-on par biomasse ? La Directive 2009/28 relative à la promotion de l'utilisation d'énergie provenant de sources renouvelables [3] définit la biomasse comme « *la fraction biodégradable des produits, déchets et déchets, d'origine biologique provenant d'activités agricoles (y compris les substances d'origine végétales et d'origine animale), de la sylviculture et des industries connexes, incluant la pêche et l'aquaculture, ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et municipaux* ».

En conséquence, la biomasse va constituer la matière première pour la production de différents combustibles, tant solides que liquides ou gazeux. À son tour, la conversion de ces biocombustibles par le biais d'une application énergétique déterminée, va permettre la production d'une énergie qui pourra être utilisée dans le transport ou dans la génération de chaleur et d'électricité.

D'une manière générale:



**Figure 1.-** Chaîne de valorisation en tant que source énergétique

Source: EN 14961-1:2010. Biocombustibles solides- Spécifications et types de biocombustibles.

Dans le cas de l'Union Européenne, on constate une augmentation du pourcentage de participation des énergies renouvelables au montant total de l'énergie primaire de 6 à 12% entre 2003 et 2010. L' EERR<sup>3</sup> représentant le plus fort apport à cette augmentation a été la biomasse. Le plan d'action pour la biomasse [4] lui a fixé comme objectif une augmentation de 80 Mtep, incluant tous les secteurs auxquels elle participe: thermique, électrique et transport.

Plus récemment, au niveau européen, l'approbation de la Directive 2009/28/CE (DER) [3] a représenté un pas important en matière de contribution des énergies renouvelables au mix énergétique européen. La finalité de la directive consiste à fixer pour 2020 un objectif global obligatoire de 20% comme quote-part de l'énergie générée à partir de sources renouvelables vers la consommation finale de l'énergie ainsi que les objectifs nationaux obligatoires conformément à l'objectif global de l'Union Européenne et un objectif obligatoire minimum de 10% comme quote-part de biocarburants utilisés dans le transport et que devra respecter chaque État Membre.

<sup>1</sup> IEA : Agence Internationale pour l'Énergie

<sup>2</sup> 1 EJ = 1018 Joules (J) = 1015 Kilojoules (KJ) = 24 millions de tonnes d' équivalent pétrole (Mtoe)

<sup>3</sup> EERR : Énergies Renouvelables

Dans cette même directive, il était indiqué dans le même sens que les États Membres de l'Union Européenne devront réaliser un Plan d'Action National pour les énergies renouvelables.

Dans les plans correspondants pour l'Espagne [18] et la France [19] on a fixé les objectifs suivants pour 2020.

Pays	Part d'énergie provenant des EERR sur la consommation d'énergie finale brute en		Estimation de la consommation totale d'énergie en 2020 (ktep)	Contribution des EERR en 2020 (ktep)
	2005	2020		
Espagne	8,7%	20%	97.041	19.408
France	9,6%	23%	155.268	35.711

**Tableau 1.-** Participation des EERR sur l'énergie totale  
Source: PANERS

Sur les objectifs fixés dans le PANER de ces pays, la contribution de la biomasse à l'objectif fixé pour 2020 pour les énergies renouvelables atteint 42% dans le cas de l'Espagne. En France, cette contribution est encore plus forte et atteint jusqu'à 59%. Dans les deux pays, le rôle de la biomasse pour atteindre les objectifs est fondamental dans les secteurs comme celui du chauffage et la réfrigération et dans le secteur du transport, en apportant dans ces cas de 80 à 90% de la consommation finale d'énergie du total des énergies renouvelables. Cependant dans le secteur de l'électricité, la présence de la biomasse est bien moindre, n'arrivant pas à atteindre 10% en Espagne et se situant légèrement au-dessus de ce chiffre dans le cas de la France.

Dans le cas de l'Espagne, on peut dire que toutes les CCAA<sup>4</sup> disposent d'activités et de plans dans le secteur de la biomasse, de potentiels productifs et de types de biomasse différents. Cependant l'évolution réelle n'est pas conforme aux attentes et il est nécessaire de modifier les tendances en profondeur pour assurer la réussite de ces objectifs et, y compris, d'autres objectifs plus ambitieux fixés à beaucoup plus long terme.

Bien au-delà de ces objectifs et des niveaux de participations mixtes énergétiques globale, comme dans tous les domaines, nous ne devons pas perdre de vue la nécessité absolue d'appliquer des critères stricts de durabilités au développement de la biomasse, critères qui permettent d'assurer des bilans énergétiques et environnementaux positifs.

<sup>4</sup> CCAA : Communautés Autonomes

## 1.2. La ressource de biomasse

Ainsi que cela ressort de la définition exposée de la biomasse, les origines des différents types de biomasses qui peuvent servir de matière première pour être utilisés comme des combustibles sont divers. On peut considérer la biomasse, sauf dans le cas concret des cultures énergétiques ou de la production de micro algues, comme un déchet de différentes activités ou processus qui, sans une valorisation énergétique, représenteraient généralement un problème environnemental.

Il existe différentes manières de classer la biomasse. Nous présentons à la suite une classification fondée sur sa localisation: dispersée ou concentrée, qui permet, dès le départ, d'évaluer la complexité logistique nécessaire pour son exploitation ultérieure.



**Figure 2.-** Sarments de vigne regroupés au bord d'une parcelle. Source: CENER

Localisation	Origine	Types
Biomasse dispersée	Origine agricole	Déchets herbacés: paille de céréales en hiver, tige et rafle du maïs, ou tige de tournesol.
		Déchets forestiers: taille des arbres fruitiers, olivier, sarments de vigne.
		Cultures énergétiques: variétés spécifiques à haut rendement, faibles besoins en eau, engrais ou pesticides.
	Origine forestière	Traitements sylvicoles: élagages, éclaircies ou déboisements.
Déchets des coupes finales.		
Biomasse concentrée	Origine industrielle	Micro-algues
		Déchets agro-alimentaires: écorce d'amande, pépins de raisin, noyaux de l'olive, etc.
		Déchets de l'industrie du bois : sciures, écorces ou chutes de scierie ou de l'industrie du meuble.
	Origine urbaine	Déchets urbains: fraction organique des ordures.

**Tableau 2.** Classification de la Biomasse  
Source: CENER

Nous pouvons également trouver une classification complète des biocombustibles solides en fonction de l'origine dans la norme EN 14961-1-2010 élaborée par le comité technique 335 sur les biocombustibles solides appartenant au Comité Européen de Normalisation (CEN). Cette classification se fonde sur quatre grandes catégories, qui se ramifient à leur tour en trois autres niveaux hiérarchiques, allant vers une plus forte concrétisation. Les quatre catégories principales sont :

- La biomasse ligneuse: biomasse provenant d'un arbre et arbustes. Cette définition incluse les plantations d'arbres, les sous-produits de l'industrie du bois et les déchets du bois.
- La biomasse herbacée: biomasse de plantes dont les branches n'ont pas de croissance ligneuse.
- Biomasse de fruits: biomasse provenant des parties des plantes qui contiennent les graines comme les noyaux d'olives ou la coquille des amandes.
- Ensembles et mélange : biomasse qui constitue une combinaison des biomasses précédents.

Cette classification complète, développée sur quatre niveaux hiérarchiques, est présentée dans le tableau suivant:

1. Biomasse ligneuse	1.1 Biomasse ligneuse d'origine forestière	1.1.1 Arbres complets	1.1.1.1 Feuillus
			1.1.1.2 Conifères
			1.1.1.3 Espèces à croissance rapide
			1.1.1.4 Taillis
			1.1.1.5 Ensemble et mélanges
		1.1.2 Arbres complets avec racines	1.1.2.1 Feuillus
			1.1.2.2 Conifères
			1.1.2.3 Espèces à croissance rapide
			1.1.2.4 Taillis
			1.1.2.5 Ensemble et mélanges
		1.1.3 Tige ligneuse	1.1.3.1 Feuillus
			1.1.3.2 Conifères
			1.1.3.3 Ensemble et mélanges
		1.1.4 Déchets de coupe	1.1.4.1 Frais/vert, feuillus (y compris feuilles)
			1.1.4.2 Frais/vert, conifères (y compris feuilles)
			1.1.4.3 Stockage de conifères
			1.1.4.4 Stockage de conifères
			1.1.4.5 Ensemble et mélange
		1.1.5 Souche	1.1.2.1 Feuillus
			1.1.2.2 Conifères
			1.1.2.3 Espèces de croissance rapide
			1.1.2.4 Taillis
			1.1.2.5 Ensemble et mélanges
		1.1.6 Écorce (opérations forestières) <sup>a</sup>	
1.1.7 Bois provenant des jardins, parcs, entretien de bordures, vignobles, vergers			
1.1.8 Ensembles et mélanges			

1. Biomasse ligneuse	1.2 Sous- produits et déchets de l'industrie du bois	1.2.1 Déchets de bois non traité chimiquement	1.3.3 Ensembles et mélanges
			1.2.1.2 Sans écorce, conifère
			1.2.1.3 Avec écorce, feuillus
			1.2.1.4 Avec écorce, feuillus
			1.2.1.5 Écorce (provenant d'opérations industrielles) <sup>a</sup>
		1.2.2 Déchets du bois traité chimiquement, fibres et composants du bois	1.2.2.1 Sans écorce
			1.2.2.2 Avec écorce
			1.2.2.3 Écorce (provenant d'opérations industrielles) <sup>a</sup>
			1.2.2.4 Fibres et composants du bois
		1.2.3 Ensembles et mélanges	
	1.3 Bois utilisé	1.3.1 Bois non traité chimiquement	1.3.1.1 Sans écorce
			1.3.1.2 Avec écorce
			1.3.1.3 Écorce <sup>a</sup>
		1.3.2 Bois traité chimiquement	1.3.2.1 Sans écorce
			1.3.2.2 Avec écorce
			1.3.2.3 Écorce <sup>a</sup>
	1.3.3 Ensembles et mélanges		
1.4 Ensembles et mélanges			

2. Biomasse herbacée	2.1 Cultures herbacées agriculture et horticulture	2.1.1 Céréales	2.1.1.1 Plante complète
			2.1.1.2 Parties de paille
			2.1.1.3 Grains ou semences
			2.1.1.4 Cosse ou écorces
			2.1.1.5 Ensembles ou mélanges
		2.1.2 Graminées	2.1.2.1 Plante complète
			2.1.2.2 Parties de paille
			2.1.2.3 Semences
			2.1.2.4 Écorces
			2.1.2.5 Ensembles ou mélanges
		2.1.3 Oléagineux	2.1.3.1 Plante complète
			2.1.3.2 Tiges et feuilles
			2.1.3.3 Semences
			2.1.3.4 Cosse ou écorces
			2.1.3.5 Ensembles ou mélanges
		2.1.4 Tubercules	2.1.4.1 Plante complète
			2.1.4.2 Tiges et feuilles
			2.1.4.3 Racine
	2.1.4.4 Ensembles ou mélanges		
	2.1.5 Légumineuses	2.1.5.1 Plante complète	
		2.1.5.2 Tiges et feuilles	
		2.1.5.3 Fruits	
		2.1.5.4 Cosse	
		2.1.5.5 Ensembles ou mélanges	
	2.1.6 Fleurs	2.1.6.1 Plante complète	
		2.1.6.2 Tiges et feuilles	
		2.1.6.3 Semences	
		2.1.6.4 Ensembles et mélanges	
	2.1.7 Biomasse herbacée provenant des jardins, parcs, entretien des bords, vignobles et vergers		
	2.1.8 Ensembles et mélanges		
	2.2 Sous-produits et déchets de l'industrie herbacée <sup>b</sup>	2.2.1 Déchets herbacés non traités chimiquement	2.2.1.1 Céréales et graminées
			2.2.1.2 Oléagineux
			2.2.1.3 Tubercules
2.2.1.4 Légumineuses			
2.2.1.5 Fleurs			
2.2.1.6 Ensembles et mélanges			
2.2.2 Déchets herbacés traités chimiquement		2.2.1.1 Céréales et graminées	
		2.2.1.2 Oléagineux	
		2.2.1.3 Tubercules	
		2.2.1.4 Légumineuses	
		2.2.1.5 Fleurs	
		2.2.1.6 Ensembles et mélanges	
2.2.3 Ensembles et mélanges			
2.3 Ensembles et mélanges			

3. Biomasse de fruits	3.1 Arbres fruitiers et fruits d'horticulture	3.1.1 Baies	3.1.1.1 Baies
			3.1.1.2 Pulpe
			3.1.1.3 Graines
			3.1.1.4 Ensembles et mélanges
		3.1.2 Fruits à noyau /graines	3.1.2.1 Fruit complet
			3.1.2.2 Pulpe
			3.1.2.3 Noyau/graines
			3.1.2.4 Ensembles et mélanges
		3.1.3 Fruits sec et glands	3.1.3.1 Fruit sec complet
			3.1.3.2 Cosse/ écorce
			3.1.2.3 Graines
			3.1.2.4 Ensembles et mélanges
		3.1.4 Ensembles et mélanges	
	3.2 Sous-produits et déchets de l'industrie du conditionnement des fruits	3.2.1 Déchets de fruits non traités chimiquement	3.2.1.1 Baies
			3.2.1.2 Fruits secs à noyau / graines
			3.2.1.3 Glands et fruits secs
			3.2.1.4 Marc
			3.2.1.5 Ensemble et mélange
		3.2.2 Déchets de fruits traités chimiquement	3.2.2.1 Baies
3.2.2.2 Fruits à noyaux / graines			
3.2.2.3 Glands et fruits secs			
3.2.2.4 Marc			
3.2.2.5 Ensembles et mélanges			
3.2.3 Ensembles et mélanges			
3.3 Ensembles et mélanges			
4. Ensembles et mélanges	4.1 Ensembles		
	4.2 Mélanges		

a Les déchets de liège sont intégrés dans les sous-groupes d'écorce.

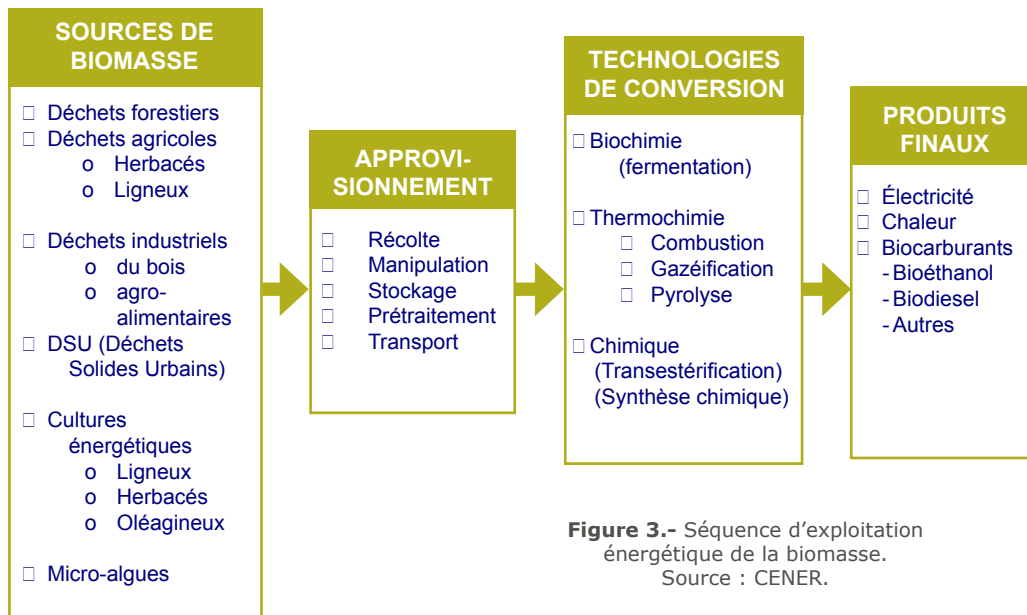
b Le groupe 2.2. inclut également les déchets et les sous-produits de l'industrie de traitement des aliments.

c Le groupe 3.2. inclut également les déchets et les sous-produits de l'industrie de traitement des aliments.

**Tableau 3 .** Classification de l'origine et les sources de biocombustibles solides

Source: EN 14961-1 :2010. Biocombustibles solides – Spécifications et catégories de combustibles

Mais l'exploitation énergétique de la biomasse, comme nous l'avons déjà indiquée précédemment, comporte une série d'étapes intermédiaires en vue d'adapter les caractéristiques de la masse en question pour l'utiliser en fonction de ses conditions initiales et pour adapter également la technologie de conversion énergétique choisie. Les multiples combinaisons d'exploitation énergétique de la biomasse sont reprises, de manière résumée, par le schéma suivant:



**Figure 3.-** Séquence d'exploitation énergétique de la biomasse.  
Source : CENER.

## 2.1 Le potentiel de biomasse

Actuellement, l'un des paramètres les plus critiques en ce qui concerne la ressource à la biomasse, du point de vue du promoteur d'installation, consiste à pouvoir déterminer quelle est la quantité et la qualité de la ressource dont il dispose, à quel prix et quel est la stabilité de la fourniture. Ces paramètres, pour une installation concrète, sont estimés dans les études d'évaluation de potentiel et de logistique de la fourniture de biomasse.

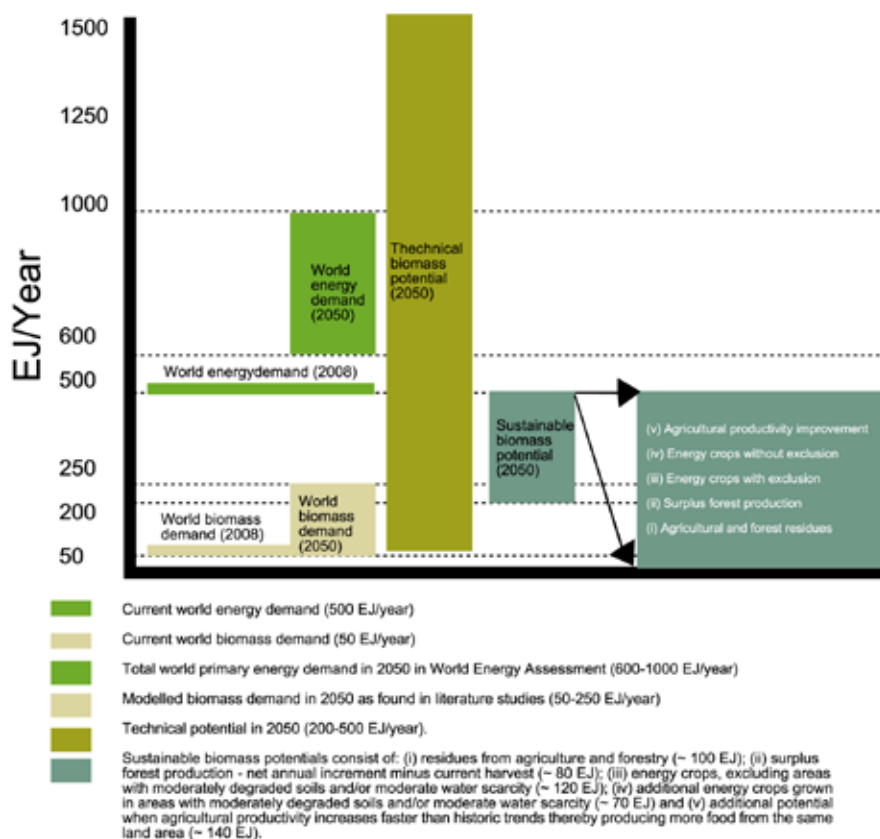
Cependant, pour pouvoir évaluer ce que pourrait être la contribution de la biomasse à la production énergétique, il est nécessaire de conduire l'étude au niveau global. En ce sens, les organismes et les institutions qui réalisent les études d'estimation du potentiel de biomasse au niveau régional, national et mondial, sont.

L'agence internationale pour l'énergie, par exemple, indique que, lorsqu'on évalue la biomasse potentielle, il convient de faire la distinction entre le potentiel théorique relatif au total de biomasse pourra être recueilli et estimé, au niveau mondial, à environ 2.900 EJ par an [5], le potentiel technique, qui prend en considération la biomasse pouvant être réellement recueillie avec les moyens techniques disponibles et ce, de manière rentable, et qui est estimé à 1.500 EJ par an [1] en 2050, et le potentiel durable, dans lequel seront également pris en considération les facteurs environnementaux et sociaux qui garantissent une exploitation de la biomasse durable dans le temps et estimée entre 200 et 500 EJ par an [1.] (La biomasse aquatique, comme les algues, n'étant pas incluse). Les restes d'agriculture et d'activité forestière, avec d'autres déchets organiques, comme le RSU, fourniraient de 50 et 150 EJ par an [1], alors que le reste devrait venir des cultures énergétiques, ce qui augmenterait des excédents de masse forestière et les rendements agricoles.



**Figure 4.** Émiettement de reste forestier  
Source: Gouvernement de Navarre

Le potentiel, dans le cas des algues, pourrait atteindre plusieurs centaines d'EJ si l'on prenait en considération les micro algues et jusqu'à plusieurs milliers d'EJ avec les macros algues (AIE, 2009). Cependant les deux types d'algues présentent deux obstacles majeurs pour pouvoir être utilisées comme matière première pour la production de biocombustibles : faible contenu de matière sèche et problème logistique pour leur culture à grande échelle.



**Figure 5.-** Technical and sustainable biomass supply potentials and expected demand for biomass (primary energy).

Source: IEA Bioenergy 2009, Bioenergy a Sustainable and Reliable Energy Source. A review of Status and prospects. IEA BIOENERGY: ExCo: 2009:6

D'autre part, l'AIE elle-même estime que la demande d'énergie primaire au niveau mondial en 2050 sera de l'ordre de 600 à 1.000 EJ par an (en 2008, elle était de 500EJ). Selon les scénarios analysés, qui prennent en considération la pénétration des énergies à basse émission de carbone, la demande de bioénergie pourrait atteindre 250 EJ par an. Cette demande prévue se situerait dans le cadre de la fourniture possible de biomasse selon le potentiel durable estimé, ce qui permet donc de dire que, à l'avenir, la biomasse pourrait contribuer à raison de un quart à un tiers au mix énergétique global. Le fait que ces objectifs soient réellement atteints dépendra de la compétitivité des coûts de la bioénergie vis-à-vis d'autres sources et du cadre des mesures politiques futures comme les objectifs de réduction des gaz à effet de serre.

Actuellement, l'utilisation industrielle au niveau mondial de l'énergie provenant de la biomasse se situe autour de 9 EJ /par an. Les estimations d'utilisation allant de 100 à 200 EJ par an (ce qui représenterait de 10 à 20% de fourniture d'énergie primaire en 2050) en partant de l'hypothèse qu'il n'y aura pas de pénurie d'eau et une augmentation des rendements des cultures alimentaires au cours des prochaines décennies, grâce, en partie, aux cultures génétiquement modifiées.

Dans ce cas, une grande quantité de terre de culture (de 20 à 50%) seraient disponibles pour la production de biomasse. Environ 50 EJ par an pourraient provenir de matières premières lignocellulosiques et être utilisées pour la production de biocombustibles des moyens avancés (hydrolyse enzymatique). Quoiqu'il en soit, ces estimations sont incertaines. L'utilisation de terres marginales non cultivées peut présenter une importance certaine à l'avenir.

Selon les indications fournies par les PANER respectifs d'Espagne et de France, la fourniture de biomasse actuelle et les prévisions pour 2020 sont présentées dans les tableaux suivants.

Pour le cas de l'Espagne:

Secteur d'origine		Actuellement (2006)		2020	
		Quantité de ressource (t)	Production d'énergie primaire (ktep)	Quantité prévue de ressource (t)	Production d'énergie primaire (ktep)
a) Biomasse issue de la sylviculture	1) Approvisionnement direct de biomasse à partir du bois de forêts et d'autres surfaces forestières.	4.800.000	1.200	8.322.328	2.081
	2) Approvisionnement indirect de biomasse ligneuse pour la production d'énergie	5.218.750	1.600	5.674.765	1.702
b) Biomasse issue de l'agriculture et de la pêche	1) Cultures agricoles et produits de la pêche destinés à la production d'énergie	1.383.774	270	4.355.772	1.307
	2) Sous-produits de l'agriculture/Déchets et sous-produits de la pêche pour la production d'énergie.	4.631.671	1.435	30.852.890	1.933
c) Biomasse à partir des Déchets	1) Fraction biodégradable des Déchets solides urbains y compris les Déchets biologiques	4.653.471	366,9	6.693.515	726
	2) Fraction biodégradable de Déchets industriels	16.436	5,8	626.963	194
	3) Boues d'épuration	254.400	4,9	476	86

**Tableau 4.-** Fourniture de biomasse actuelle et future en Espagne.  
Source: Plan d'Action National d'Énergie Renouvelables d'Espagne.

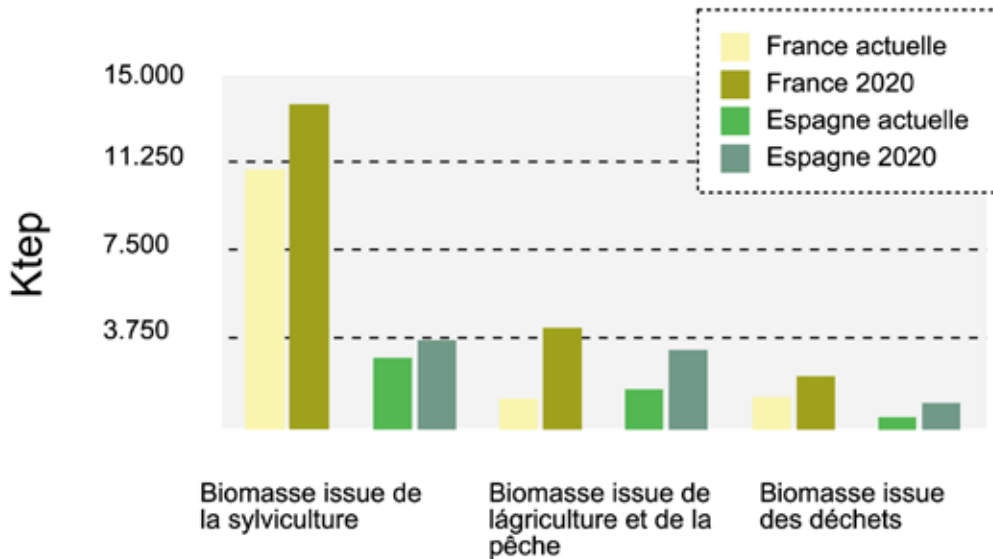
Pour le cas de la France:

Secteur d'origine		Actuellement (2006)		2020	
		Quantité de ressource (t)	Production d'énergie primaire (ktep)	Quantité prévue de ressources (t)	Production d'énergie primaire (ktep)
a) Biomasse issue de la sylviculture	1) Approvisionnement direct de biomasse à partir du bois de forêts et d'autres surfaces forestières.	28.515.088 m <sup>3</sup>	6.256	38,44 – 46,6 Mm <sup>3</sup>	8.556 – 10.406
	2) Approvisionnement indirect de biomasse ligneuse pour la production d'énergie	30.590.362 m <sup>3</sup>	4.773	35,1 – 38,6 Mm <sup>3</sup>	5.473 – 6.023
b) Biomasse issue de l'agriculture et de la pêche	1) Cultures agricoles et produits de la pêche destinés à la production d'énergie	4.681.730 t	802	13,41 Mt	3.210
	2) Sous-produits de l'agriculture/ Déchets et sous-produits de la pêche pour la production d'énergie.	1.228.300 t	39 <sup>o</sup>	2,5Mt	1.000
c) Biomasse à partir de Déchets	1) Fraction biodégradable des Déchets solides urbains y compris les Déchets biologiques	13.097.000 t	1.291	5-6 Mt	850 -1.500 + 161 de decharges
	2) Fraction biodégradable de Déchets industriels	---	---	2,7 Mt	900
	3) Boues d'épuration	1.000.000 t	54	1 Mt	54

**Tableau 5.-** Fourniture de biomasse actuelle et future en France.  
Source: Plan d'Acton Natonal d'Énergies Renouvelables de France

Il a déjà été souligné antérieurement que la contribution de la biomasse à l'ensemble de la production énergétique par des énergies renouvelables est très importante, en particulier en France.

Dans les deux pays, la contribution à l'énergie primaire de la biomasse provenant de la sylviculture, y compris celle qui vient directement des masses forestières et celle qui provient de l'industrie du bois, se détache nettement au-dessus de toutes les autres. De même, dans les deux pays, on note une forte augmentation de la contribution de la biomasse originaire de l'agriculture.



**Figure 6.-** Apport d'Énergie primaire par la Biomasse en fonction de l'origine  
Source: PANERs de France et Espagne

Enfin, il est important de signaler que la biomasse dispersée devra être collectée et regroupée ce qui suppose un travail important à réaliser et qui influe de manière significative sur le coût final du biocombustible. Au contraire la biomasse concentrée faisant des coûts de logistique moindre et une plus forte stabilité d'approvisionnement.

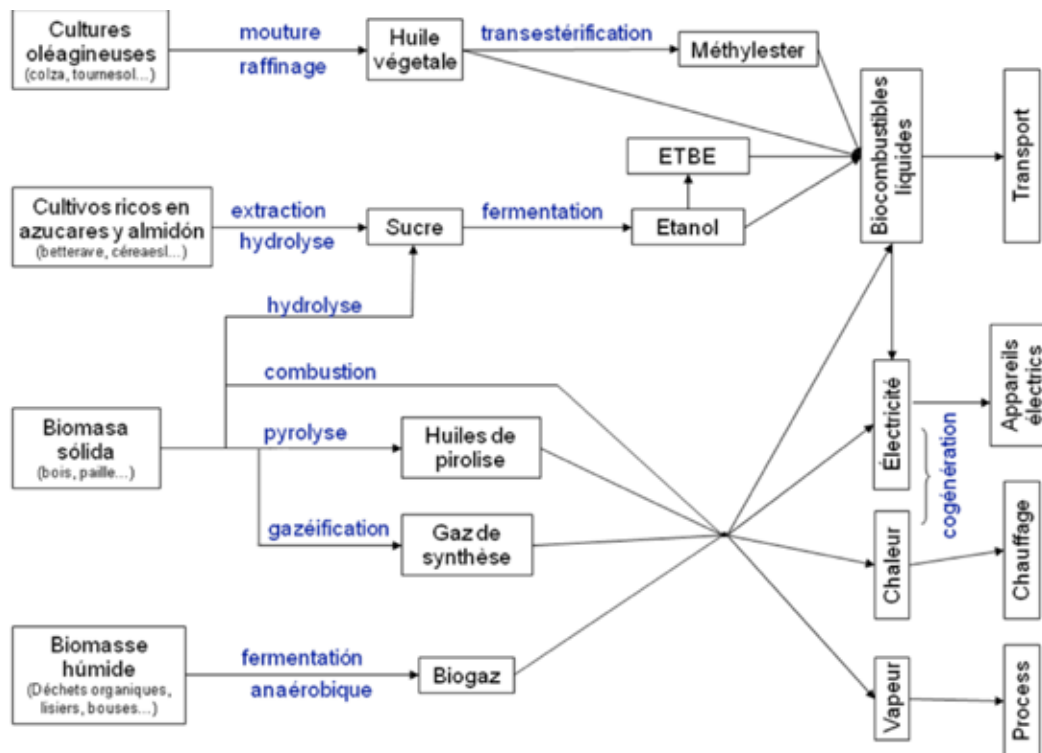
En outre, la quantité de biomasse d'origine agricole disponible est étroitement liée à l'utilisation et à l'exploitation de superficies agricoles. La variabilité de la disponibilité de biomasse d'année en année va être en outre soumise aux facteurs qui conditionnent la croissance végétale des espèces, à savoir, sous nos latitudes, la disponibilité d'eau et l'incidence des gelées.



**Figure 7 –** Récolte mécanisée de peupliers  
Source: CENER

### 1.3. Applications énergétiques et leurs technologies

Comme nous l’avons indiqué précédemment, les voies possibles qui existent pour convertir la matière première en énergie sont diverses et vont dépendre des caractéristiques de la biomasse et de l’utilisation finale que nous souhaitons donner aux produits obtenus. Ci-après figure un schéma qui présente toutes ces alternatives.



**Figure 8.-** Schéma avec les différents process appliqués sur la biomasse pour l’obtention d’énergie.  
Source: CENER.

Nous pouvons donc considérer la bioénergie comme un secteur hétérogène quant au niveau des matières premières qui sont employées, des options technologiques qui doivent être prises en considération en fonction des caractéristiques de la bioénergie et, enfin, de l’application que peut avoir l’énergie obtenue par le procédé

Ci-après figure une description plus détaillée de chacun des principaux produits qui peuvent être obtenus dans la conversion de la biomasse en énergie.

### 1.3.1. Biocarburants

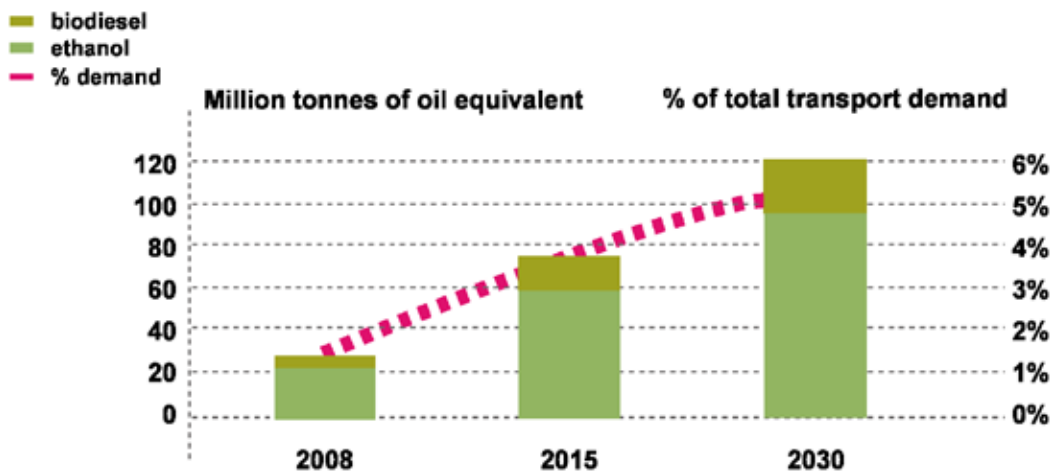
Sont dénommés biocarburants les biocombustibles liquides qui sont utilisés pour le transport. Les biocarburants les plus connus sont le biodiesel qui remplace le diesel et le bioéthanol qui remplace l'essence.

Les biocombustibles liquides sont divisés en différentes « générations » en fonction de leur état de développement et des matières premières utilisées. Les biocombustibles dits de première génération, principalement le bioéthanol et biodiesel, sont généralement produits à partir de matières premières qui sont également utilisées dans l'alimentation, comme par exemple la canne à sucre ou la betterave, l'amidon, les huiles végétales ou les graisses animales. Dans ce cas, on utilise des technologies commerciales éprouvées.

Dans le cas des combustibles de seconde génération, qui incluent également le diesel synthétique et les huiles végétales hydrogénées, on utilise des matières premières qui n'entrent pas dans le circuit alimentaire comme les biomasses lignocellulosiques et on utilise des procédés de conversion plus complexes. Cependant, dans ce cas, les technologies ne sont encore qu'en phase expérimentale et nécessitent un degré de développement et de recherche plus élevé pour démontrer qu'elles sont réellement opérationnelles à l'échelle commerciale et qu'elles sont économiquement viables, avec des coûts compétitifs. Le niveau actuel de l'activité dans ce domaine indique que ces procédés technologiques atteindront probablement un niveau commercial à la fin de la présente décennie.

Il existe aussi une 3<sup>ème</sup> génération de biocombustibles liquides, qui englobe de nouvelles voies de conversion, mais qui n'en sont encore qu'au premier stade de développement (par exemple des biocombustibles d'algues) et qui requiert un effort considérable avant de pouvoir être considérée comme une option compétitive pour le marché de l'énergie.

La capacité des biocombustibles liquides au niveau mondial en 2008 a été approximativement 78.000 milliards de litres [6] (85% de bioéthanol et 15% de biodiesel) et elle représente 1,5% de la consommation de combustibles dans le transport. 99% de cette production a été obtenue grâce à des procédés de la première génération [7]. On s'attend à ce que la production augmente en moyenne de 6 à 8% par an, surtout avec l'implantation de technologies de seconde génération, ce qui permettrait d'envisager 5 ou 6% de combustibles utilisés dans le domaine du transport d'ici l'année 2030 [3].



**Figure 9.-** Projection de la consommation de biocombustibles et pourcentage de la consommation de combustibles dans le transport jusqu'en 2030.

Source: IEA Bioenergy Task 39. Mabee, W. and Sadler, J. Commercializing 2nd-generation liquid biofuels from biomass. Progress and Challenges in R&D. Dresden, Germany, 3 June 2009.

La production de biocombustibles de première génération (bioéthanol et biodiesel) est caractérisée par l'utilisation de technologies éprouvées et commerciales. De fait, plusieurs normes de qualité (ASTM, EN, ABNT) ont été établies afin de développer un marché de commerce international des biocombustibles. Il existe également un engagement pour harmoniser toutes les normes internationales sous l'égide de l'ISO.

Les voies de conversion de biomasse en biocarburants de seconde génération se répartissent entre la biochimie (fondée sur l'hydrolyse enzymatique et procédés de fermentation) et la thermo-chimie (dénommée « biomasse liquide » ou BTL, fondés sur des procédés de gazéification et de synthèse chimique). Ces méthodes peuvent également être combinées entre elles pour développer de nouveaux concepts de bio raffinerie.

La production de biocombustibles de seconde génération à partir de la biomasse lignocellulosique se trouve dans une phase pilote, encore que des projets de démonstration soient actuellement en cours de développement. D'autre part, la construction de bios raffineries se situe, d'une certaine manière, en deçà de la production de biocombustibles lignocellulosiques et il est peu probable que des usines soient construites d'ici à 2015. Dans ce contexte, dans le plan conjoint de l'Union Européenne pour la recherche en matière de technologie à faible carbone [16] les actions suivantes ont été définies en vue de conduire ces technologies à leur maturité (ou exploitation ?) commerciale.

- Parmi les méthodes thermo-chimiques : la production de gaz de synthèse (syngas) comme intermédiaire, qui est nettoyé avant de passer par un processus de synthèse de Fischer-Tropsch pour créer une gamme de combustibles liquides (par exemple, de l'essence, du naphtha, du kérosène ou du diesel, connus comme des BTL<sup>5</sup> et des produits chimiques et la production de bio méthane et d'autres matériaux synthétiques de biocombustibles gazeux par gazéification.
- Parmi les méthodes biochimiques : l'utilisation d'agents biologiques (enzymes et microorganismes) pour extraire des polymères, l'hydrolyse au niveau de ses monomères de sucre et la fermentation pour produire du bioéthanol et d'autres bioproduits (alcools supérieurs par exemple : butanol) avec la production simultanée de valeur en ? coproduits.

Dans ce contexte, on estime que l'Union Européenne verra, au cours de cette décennie, la construction d'entre 7 et 12 usines de démonstration et d'entre 14 à 22 usines industrielles.

### 1.3.2. Chaleur

La technologie de conversion de la biomasse pour la génération de chaleur est principalement fondée sur la combustion. On peut différencier deux types d'utilisations finales bien distinctes :

- Utilisations domestiques, généralement des installations à basse puissance qui fournissent une chaleur ambiante et, dans certains cas, de l'eau chaude sanitaire. Les principaux équipements sont les étuves et les chaudières.
- Utilisations industrielles : dans ce cas la chaleur générée est utilisée dans les processus de production de l'industrie. La puissance des équipements est alors bien plus considérable et il est possible d'implanter des solutions techniques qui passent par la cogénération (production d'électricité et de chaleur conjointe).

Au cours des 20 dernières années, les équipements qui ont utilisé de la biomasse ont enregistré une avancée considérable. Les émissions ont chuté de l'ordre de deux points et les rendements ont atteint le même niveau que les chaudières à gasoil ou à gaz :

- L'état actuel de la technologie des chaudières automatiques semble avoir augmenté leur rendement de 60% à 85 - 92% au cours de la dernière décennie.
- On a obtenu une diminution des émissions de CO qui sont passés de l'ordre de 5.000 mg/m<sup>3</sup> à des valeurs de 50 mg/m<sup>3</sup>, voire moins.

---

5 BTL : Biomasse en liquide

Ce progrès a inclus la fiabilité opérationnelle d'une chaudière automatique. L'état actuel de développement technologique de ces chaudières permet d'automatiser le nettoyage des interfaces et l'extraction des cendres. Ces systèmes de chauffage démarrent automatiquement et modulent la puissance à la demande. Toutefois, il convient de souligner qu'il existe une large gamme de qualités disponible sur le marché, le choix très soigneux d'une chaudière de haute qualité est essentiel pour qu'un projet soit mené à bien avec succès. Cependant, un système de chauffage à biomasse a besoin d'un peu plus d'espace pour la chaudière, le silo de combustibles et l'accès pour l'approvisionnement en combustible.

À ce niveau il est important de souligner le rôle essentiel joué par les granulés («pellets»). Les principaux avantages présentés par ce type de biocombustible:

- La diminution du coût de stockage et de transport en raison de l'augmentation de la densité énergétique par rapport à d'autres biocombustibles.
- Une manipulation facilitée en tant que combustible étant donné que, parce qu'il est uniformisé, il permet l'application de systèmes d'alimentation automatique.
- L'amélioration de la conservation pendant de longues périodes de stockage: on réduit ainsi considérablement les pertes par dégradation et l'on évite l'absorption d'humidité avec la perte de pouvoir calorifique qui s'ensuit.



**Figure 10.** Granulés de bois  
Source: CENER

La production de granulés se fait dans des équipements spécifiques dénommés pelletisateurs ou granulateurs. Ces équipements fonctionnent au moyen de la pression exercée par une série de rouleaux placés sur une matrice métallique dotée d'une série d'orifices. Cette pression oblige le matériau à passer par les orifices de la matrice et il prend alors la forme cylindrique qui caractérise les pellets.

Actuellement les granulés sont fabriqués essentiellement à partir de matières premières ligneuses d'origine forestière. Les caractéristiques les plus importantes de ce type de produits sont :

- Taille: diamètre 6 -10 mm et longueur 10-30 mm.
- Densité apparente: 650 -700 kg/m<sup>3</sup>.
- Teneur énergétique: 16,9 – 18. 0 MJ/KG
- Teneur en humidité: - 12%

Actuellement, il existe des lignes de recherche consacrées à la production de matières premières d'origine herbacées comme par exemple la paille de céréale qui s'adapte aux exigences des chaudières ou des étuves dans lesquelles elles vont être utilisées.

A titre de référence utile pour les utilisateurs possibles de pellets, il convient d'indiquer qu'environ un litre de gasoil correspond à un peu plus de deux kilos de pellets.

### 1.3.2.1. Utilisation domestique

#### Poêles

Les poêles de biomasse sont peut-être l'une des méthodes traditionnelles de chauffage qui apportent un confort et une valeur esthétique à l'habitation où elles se trouvent, en servant souvent de complément à un autre système de chauffage principal. Les étuves modernes ont un rendement d'environ 80% par rapport aux cheminées ouvertes dans lesquelles les rendements atteignent 30% avec la perte de chaleur qui s'ensuit. Les poêles peuvent accepter comme combustible, entre autres types de biomasse, les bois, les branches de bois ou les pellets. En général, on utilise des poêles pour chauffer une habitation individuelle, mais certains modèles sont maintenant pourvus de petits réservoirs d'eau à l'arrière qui absorbent la chaleur de cette zone et qui, par le biais d'un échangeur, peuvent chauffer l'eau du système de chauffage de la maison. La puissance de ces étuves oscille entre 6 et 12 kW de chaleur, ce qui serait suffisant pour chauffer une petite maison ou servir de complément à d'autres systèmes.



**Figure 11** –Poêle à granulés  
Source: Lacunza

#### Chaudières

Les chaudières de biomasse peuvent être alimentées automatiquement par le biais de vis sans fin connectées à des trémies qui stockent le combustible. Les pellets et les branches sont adaptés à ces systèmes, toutefois les pellets sont plus efficaces étant donné que leur taille et leur densité uniformes fournissent une génération de chaleur constante. Le fait de disposer d'une trémie d'alimentation permet de ne pas avoir besoin d'ajouter quotidiennement du combustible en sac dans la chaudière. Ainsi, au moment d'installer ces équipements, il est nécessaire de disposer d'un espace suffisant pour pouvoir placer la trémie d'approvisionnement.

Le contrôle automatique de la combustion par des sondes lambda et le retrait automatique des cendres est déjà disponible sur les nouvelles chaudières ce qui permet un fonctionnement autonome des équipements. Ces équipements doivent être installés avec un réservoir d'eau chaude séparé pour agir comme un dépôt thermique.



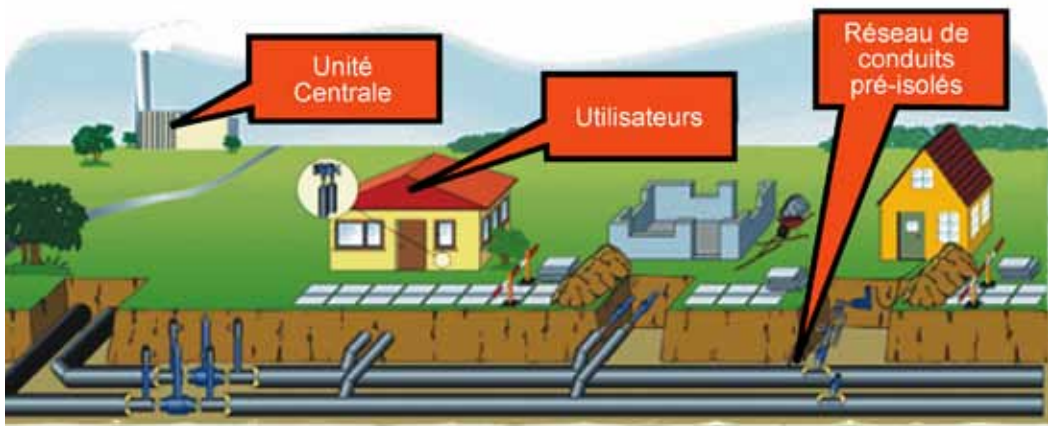
**Figure 12.-** Schéma de fonctionnement de la chaudière.  
Source: [www.ctpasqualicchio.it](http://www.ctpasqualicchio.it)

Généralement ces chaudières nécessitent un nettoyage plus fréquent que celles à gaz ou à gasoil. L'utilisateur devra également gérer la fourniture de combustibles (tout comme c'est le cas avec le gasoil) et l'élimination des cendres. L'IDAE [10] fait les recommandations suivantes lors de l'installation d'une chaudière à des fins domestiques :

- Rendement: supérieur à 75%.
- Émission de CO: inférieur à 200 mg/m
- Émission de particules: inférieur à 150 mg/m.
- Système automatique de nettoyage des échangeurs de chaleur et d'extraction de cendres.
- Télécontrôle de la chaudière par le fabricant ou l'installateur.
- Haute fiabilité et gestion et maintenance confirmée par des expériences dans le cadre de projets similaires non industriels.
- Respect par les équipements, de toutes les normes européennes nationales, régionales et locales en vigueur à la date d'installation.
- Avant d'installer une chaudière à biomasse à votre domicile, assurez-vous de la fourniture de biomasse par un fournisseur de confiance.

## Centrales de distribution de chaleur

La technologie pour produire de la chaleur et/ou du froid et de l'eau chaude sanitaire à partir d'une centrale unique à plusieurs utilisateurs ou immeubles. La distribution à partir de l'usine centrale vers les utilisateurs se fait par le biais d'eau chaude ou réfrigérée dans un réseau de conduites pré-isolées. Chaque utilisateur dispose, de manière indépendante, du service de chauffage réfrigération et d'eau chaude sanitaire. A l'entrée de chaque maison ou d'immeuble, il existera un échangeur dans lequel la chaleur est transférée depuis le réseau général vers les circuits internes. Le fait d'avoir un seul équipement d'une taille supérieure permet des rendements plus importants en matière de conversion énergétique et il en résulte simultanément pour l'utilisateur un système plus commode, car il n'a pas à se préoccuper de la maintenance et de l'approvisionnement de la chaudière en bio combustible. Dans ces cas-là, ce qui est facturé à l'utilisateur, c'est la chaleur consommée. Cependant, un système de chauffage à biomasse demande un peu plus d'espace pour la chaudière, le silo de combustible et l'accès pour l'approvisionnement en combustible.



**Figure 13.-** Schéma d'un système centralisé de distribution de chaleur.  
Source: IDAE.

### 1.3.2.2. Utilisations industrielles

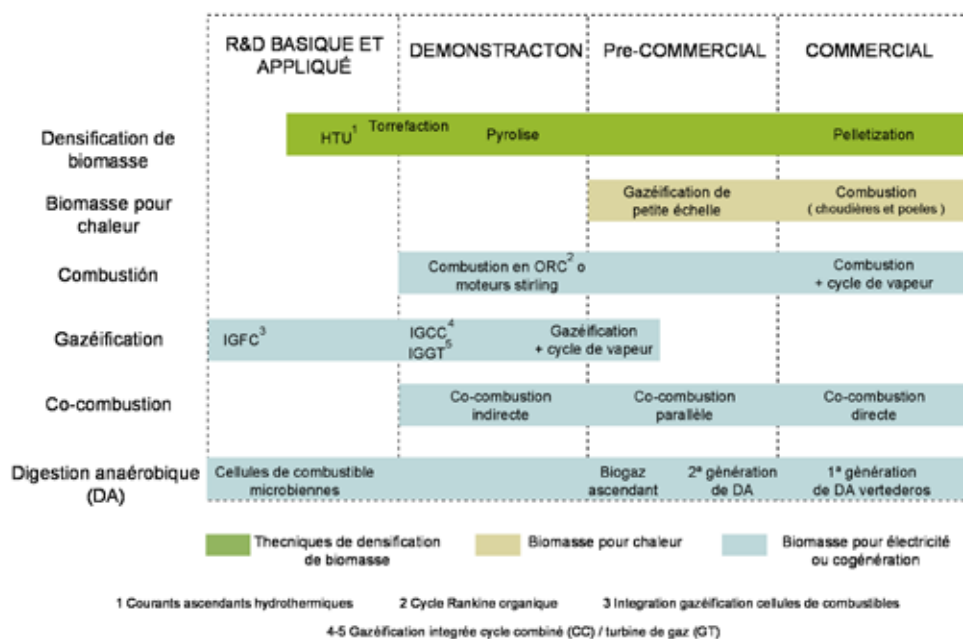
En général, la demande de chaleur, que ce soit par chauffage ou par procédés industriels, doit être supérieure à ce qu'elle est pour le secteur domestique et l'on utilise donc des chaudières à biomasse dont les puissances sont supérieures à celles que l'on peut trouver dans les logements. De par leur taille et leur conception, ces chaudières acceptent des biocombustibles moins homogènes au niveau de la répartition granulométrique, des pourcentages d'humidité plus élevés et des contenus en cendre un peu supérieurs au biocombustible qui serait utilisé dans une chaudière domestique. Cela permet d'utiliser une gamme de combustibles plus large en recherchant des options qui seront compétitives au niveau du prix par rapport à des combustibles solides.

### 1.3.3. Électricité

Les technologies de conversion pour la production d'électricité ou d'électricité et de chaleur conjointement (cogénération) à partir de la biomasse sont la combustion (y compris la co-combustion et les usines de combustion de biomasse) la gazéification de biomasse solide et la digestion anaérobie de matière organique pour la production de biogaz. Chacune de ces technologies peut être intéressante dans différentes situations : elles sont installées, par exemple, dans :

- Des usines de combustion dans les pays où il existe déjà des usines à charbon.
- Des usines de combustion, principalement celles de cogénération, dans les industries de pâte à papier et de papiers, dont les industries agro-alimentaires ou dans des systèmes de chauffage centralisé.
- Usines de génération d'électricité à partir de biomasses dans des zones à fort potentiel de matière première.
- Unités de digestion anaérobiques et de décharges avec captation de gaz associées au traitement des déchets municipaux et de l'industrie.

Ces technologies de conversion de la biomasse en électricité se trouvent à différentes phases de développement et d'implantation. La figure suivante présente l'état de développement dans lequel se trouvent les différentes technologies.



**Figure 14.-** État de développement des principales technologies de traitement de la biomasse (en vert), de génération de chaleur (en orange) et de génération d'électricité/CHP (en bleu)  
 Source: IEA Bioenergy 2009, Bioenergy a Sustainable and Reliable Energy Source. A review of Status and prospects. IEA BIOENERGY: ExCo: 2009:6.

## 1.4. Aspects économiques

En général, dans le secteur de la bioénergie, il y a une longue route à parcourir qui est soutenue beaucoup plus par les objectifs ambitieux qui sont fixés dans la matrice énergétique que, en réalité, par l'intérêt industriel montré à ce jour pour ces procédés. Les motifs pour lesquels les investissements dans ce secteur ne sont pas attractifs sont divers. Parmi ceux-ci, il convient de souligner :

- En général, le coût élevé des matières premières qui peut varier de manière importante en fonction de :
  - L'implantation de l'industrie du bois et de l'industrie agroalimentaire qui génère des déchets susceptibles d'être valorisés énergétiquement.
  - Degré de mécanisation des systèmes d'exploitation qui permettent la collecte de la biomasse en optimisant les coûts. Dans le cas de la forêt, cela est conditionné par l'orographie du terrain et les accès disponibles.
- Difficulté de garantir une fourniture stable dans le temps, en quantité et en coût des installations, ce qui génère des difficultés pour trouver un financement extérieur à la construction des usines.
- Fluctuations et coûts d'investissements qui peuvent porter préjudice de manière importante à la rentabilité de l'opération.

Importation de biocombustibles de pays tiers avec des prix de production plus bas.

- Il est un aspect économique à prendre en considération dans tous les processus décrits, à savoir le prix de la matière première. Bien que les motifs diffèrent selon le type de matière première considérée, le problème commun est le prix élevé de ladite matière première.

Dans le cas de la production de biocarburants, il s'agit d'un marché mondial, avec des prix déjà établis sur le marché alimentaire. Au cours des dernières années, il y a eu d'importantes fluctuations des prix en raison de la baisse de production par suite de divers problèmes climatologiques dans certaines régions du monde. En outre, il faut tenir compte du fait que le marché des biocarburants est déjà un marché international dans lequel la devise des énergies renouvelables, à savoir une production localisée, près des centres de consommation, n'est pas respectée.

Dans le cas des biocombustibles solides, les coûts élevés sont dus à une difficulté de gestion et d'optimisation des processus nécessaires pour leur collecte et leur manutention jusqu'à ce qu'ils arrivent à l'usine. Nous présentons ci-joint un tableau avec les coûts ventilés selon les phases d'exploitation des différents types de biomasses en fonction, également, de leur origine.

<i>Prix €/t.</i>	<b>Cultures énergétiques</b>	<b>Déchets sylvicoles</b>	<b>Déchets agricoles</b>	<b>Déchets industriels agricoles</b>	<b>Déchets industriels forestiers</b>
Coûts/prix production	35	0	6	0	0
Coût manutention point d'origine (enrubannage, débardage, déchiqueter, récolte, collecte...)	12	35	20	0	0
Coût du transport jusqu'à l'usine	9	12	9	10	15

Coût manutention en usine (séchage, déchetage, déballage...)	18	15	15	10	5
Coût total de la production	74	62	50		
Prix du marché	---	---	---	35,00	30,00
Marge commerciale (seulement pour les taches concernées)	8,40	7,05	5,25	1,50	2,25
Total, prix du marché départ usine	82.40	69,05	55,25	56,50	52,25

**Tableau 6.-** Prix des différents types de biomasse selon APPA. On considère une marge commerciale de 15% sur les prix du marché et un transport de 40 km max. jusqu'à l'usine avec une humidité appropriée pour une utilisation dans l'installation

Source: Association de Producteurs d'Énergies renouvelables. 2006

Un exemple de la variation qui peut exister en matière de coût d'exploitation de la biomasse peut être observé dans le cas des déchets forestiers. Alors que les coûts dans les pays du nord de l'Europe comme la Finlande, où le marché de la biomasse forestière est consolidé, peuvent se situer dans une fourchette comprise entre 8,4 – 12,8 €/Mwh [11], dans le cas de l'Espagne, l'Association des Entreprises Forestières (ASEMFO) situe ces coûts entre 15 – 20 €/Mwh [12].

Les autres difficultés auxquelles se sont trouvés confrontés les promoteurs d'usines de biomasse ont été les fluctuations des coûts d'investissements qui ont été enregistrés au court des dernières années par suite de l'augmentation de coûts des consommables nécessaires à la construction des usines et l'augmentation de constructions des usines en Europe qui a absorbé les rares techniciens disponibles en ce secteur.

Ci-après figure un tableau présentant les ordres de grandeur de l'investissement nécessaire dans quelques types d'usines qui sont actuellement des mises en œuvre pour la génération d'électricité et de chaleur.

Technologie	Taille	Approvisionnement en biomasse	Investissement équipements	Commentaires
Gazéification*	1 Mw	8.000 t/année	3-4 millions	Point de connexion au réseau
Combustion*	15 Mw	100.000 t/année	30 millions	Point de connexion au réseau
Pelletisation	---	30.000 t/année	4-5 millions	Qualité de la matière première
Applications thermiques	500 kw	400 t/année	150.000	---

**Tableau 7.-** Coût d'investissement de différentes technologies de conversion de biomasse pour la génération de chaleur et d'électricité. Dans les coûts d'investissement, les coûts nécessaires pour les terrains n'en sont pas pris en considération.

Source: CENER

Il est important de signaler que, dans le cas de l'Espagne, il existe une rétribution réglementée de l'électricité produite à partir de la biomasse. Le Décret Royal 661/2007 qui réglemente la production énergie électrique sous forme de régime spécial prévoit, en son article 24, les mécanismes de rétribution qui peuvent être de deux types :

1. Vente de l'électricité à un tarif réglementé.
2. Vente de l'électricité au prix du marché, auquel viendra s'ajouter une prime pour atteindre la limite supérieure fixée dans son prix.

Dans les deux cas, le tarif réglementé ou la prime, le montant va être différent en fonction de l'origine de la biomasse exploitée pour la production d'énergie. En conséquence, pour fixer ces valeurs, ce même Décret Royal prévoit des groupes concrets de rétribution. Ces groupes sont :

**Groupe b.6.**

- b.6.1. Cultures énergétiques.
- b.6.2. Déchets des activités agricoles ou de jardinerie.
- b.6.3. Déchets d'exploitations forestières et autres opérations sylvicoles.

**Groupe b.7.**

- b.7.1. Biogaz de décharges.
- b.7.2. Biogaz généré à partir de
  - Déchets biodégradables industriels,
  - Boues d'épuration des eaux urbaines ou industrielles,
  - Déchets solides urbains,
  - Déchets d'élevages, agricoles et autres.
- b.7.3. Fumiers par combustion et biocombustibles liquides.

**Groupe b.8.**

- b.8.1. Biomasse provenant d'installations industrielles du secteur agricole.
- b.8.2. Biomasse provenant d'installations industrielles du secteur forestier.
- b.8.3. Liqueurs noires de l'industrie papetière

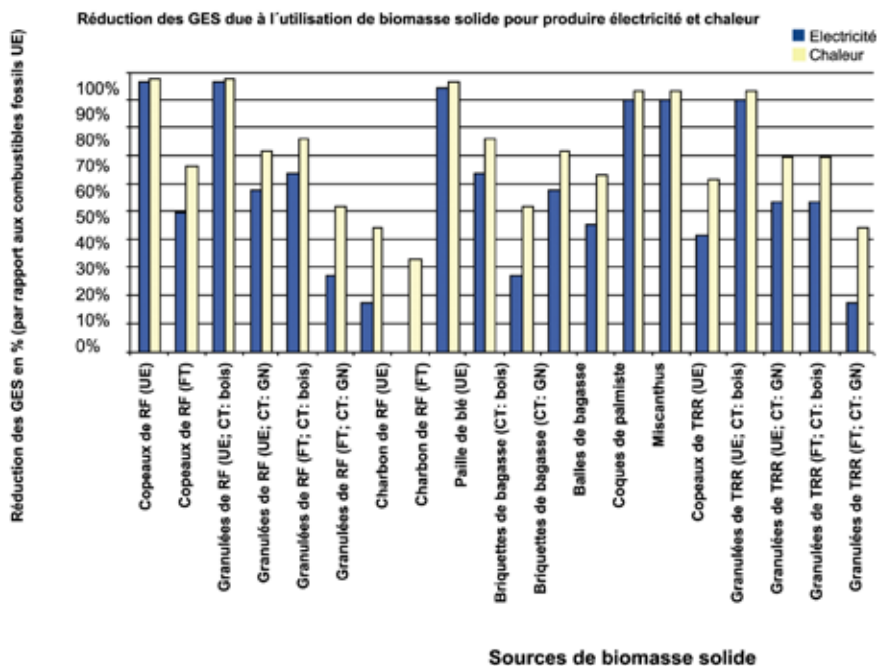
## 1.5. Aspects environnementaux

L'un des points forts des énergies renouvelables en général et de la biomasse en particulier sont les bénéfices environnementaux qu'ils apportent par comparaison aux sources d'énergie traditionnelles. En conséquence, parmi les bénéfices environnementaux de l'exploitation de la biomasse on peut retenir:

- L'utilisation d'une énergie renouvelable, soumise au développement local.
- La réduction des émissions de CO<sub>2</sub>, étant donné que l'on prend en considération le fait que la balance nette des émissions est de zéro. Cela aiderait de manière significative au respect des engagements du protocole de Kyoto.
- La valorisation énergétique des déchets qui, dans de nombreux cas, entraînerait un problème environnemental.

D'autre part une surexploitation de la ressource peut engendrer des problèmes au niveau de l'environnement sur des points comme la réduction du stock de CO<sub>2</sub> dans le sol ou la réduction de la biodiversité. Pour prévenir ces aspects contraires, l'Union Européenne a mis en œuvre l'application des critères de durabilité qui sont repris dans la directive 2009/28/CE [3] pour la promotion de l'utilisation des énergies renouvelables.

À son tour, cette même directive développe une méthodologie pour le calcul des émissions d'équivalents CO<sub>2</sub> dans l'exploitation de la biomasse, tant pour la production de biocombustibles que pour la génération de chaleur et d'électricité. Comme on l'a indiqué précédemment, parmi les aspects de l'exploitation énergétique de la biomasse, il y a un bilan net neutre de CO<sub>2</sub>. Cette prise en compte est faite car le CO<sub>2</sub> qui est émis dans l'atmosphère au moment de l'exploitation, a été préalablement fixé par les organismes végétaux durant leur croissance. Cela n'en est pas moins une simplification car si l'on évalue tous cycles de vie de la chaîne de l'exploitation de la biomasse, on identifie aux différentes étapes de son exploitation, comme la génération de la biomasse, le transport, le traitement de la biomasse ou sa conversion énergétique, la production d'émissions de gaz à effet de serre. Mais même ainsi en comparant avec des sources à énergie fossile, les réductions des émissions de gaz à effet de serre sont importantes, comme le montre le tableau présenté à la suite pour le cas de la production de chaleur et d'électricité.



**Figure 15.-** Émissions typiques de gaz à effet de serre de la biomasse solide.

Source: Report on sustainability requirements for the use of solid and gaseous biomass sources in electricity, heating and cooling. JRC. European Commission

Dans le cas concret des **biocarburants et autres bioliquides**, pour évaluer la réalisation des objectifs nationaux définis dans la directive 2009/28/CE, comme on l'a déjà indiqué précédemment, les biocarburants devraient être produits en respectant des conditions de durabilité. Outre d'autres critères, ils devraient être produits à l'aide de procédés qui atteignent des valeurs minimales de réduction de gaz effet de serre.

L'article 17. de cette directive expose les critères de durabilité établis pour les biocarburants<sup>6</sup> et les bioliquides<sup>7</sup> indiqués ci après :

1. Pour tous les biocarburants et bioliquides (y compris ceux qui sont élaborés à partir de résidus et de déchets n'ayant pas une origine agricole forestière ou de la pêche) on exige qu'ils atteignent les valeurs minimales de réduction de gaz à effet de serre dans leur processus de production. La réduction minimale à obtenir aujourd'hui est de 35%, mais elle sera augmentée progressivement de la manière suivante :
  - Réduction minimale de **35%** pour les biocarburants produits dans des installations en fonctionnement en janvier 2008. Cette obligation sera applicable à partir du 1<sup>er</sup> avril 2013.
  - Réduction minimale de **50%** à partir de 2017.
  - Réduction minimale de **60%** dans les installations qui seront mises en service à partir de 2017.
2. Pour la production de biocarburants et autres bios liquides (à l'exception de ceux qui sont élaborés à partir de résidus et de déchets n'ayant pas une origine agricole forestière ou de la pêche), il est interdit d'utiliser des matières premières provenant de terres à valeur élevée en ce qui concerne la biodiversité. C'est-à-dire des terres qui en janvier 2008 étaient (indépendamment du fait qu'elles continuent à l'être ou non au moment de leur exploitation) :
  - a) Des forêts primaires non affectées par l'activité humaine.
  - b) Des zones désignées à des fins de protection de la nature, des zones pour la protection des écosystèmes ou des espèces rares, menacées ou en danger.
  - c) Des prés ou des pâturages naturels (qui continueront à l'être sans l'intervention humaine) avec une biodiversité riche. La commission déterminera les terres et zones géographiques incluses dans ce chapitre. Les prés et les pâturages non naturels (qui cesseraient de l'être sans intervention humaine), avec une biodiversité riche, à moins qu'il ne soit démontré que leur exploitation est nécessaire pour en préserver leur condition.
3. Pour la production de biocarburants (excepté ceux qui sont élaborés à partir de résidus et de déchets n'ayant pas une origine agricole forestière ou de la pêche), il est interdit d'utiliser des matières premières provenant de terres à haute teneur en carbone, c'est-à-dire, celles qui en janvier 2008 étaient (et ne le sont plus au moment de leur exploitation) :
  - a) Des zones humides.
  - b) Des zones arborées continues (couverture de cimes supérieure à 30%).
  - c) Des zones arborées discontinues (couverture de cimes entre 10% et 30%), sauf s'il est démontré que le changement de stock de carbone dans le sol dû au changement de l'utilisation de ce sol, permet de parvenir à la réduction minimale des gaz à effet de serre.

Sont exclus de cette interdiction, les matières premières obtenues sur ces terres si la situation existant en janvier 2008 au moment de leur exploitation est maintenue.

<sup>6</sup> Combustible liquide ou gazeux produit à partir de biomasse et utilisé pour le transport.

<sup>7</sup> Combustible liquide destiné à des usages énergétiques, incluant l'électricité le chauffage et la réfrigération produites à partir de biomasse.

4. Pour la production de biocarburants et autres bios liquides (à l'exception de ceux qui sont élaborés à partir de résidus et de déchets n'ayant pas une origine agricole forestière ou de la pêche), il est interdit d'utiliser les matières premières extraites de la terre qui, en janvier 2008 étaient des tourbières, sauf s'il est démontré que leur exploitation n'entraîne pas le drainage des sols non drainés antérieurement.
5. Les matières premières agricoles cultivées dans l'Union Européenne et utilisées pour la production de biocarburants seront obtenues conformément aux conditions et aux normes du règlement 1782/2003 (éco-conditionnalité et bonnes pratiques agricoles et environnementales).

Il est prévu que, à des fins d'utilisation énergétique de la biomasse pour la production de chaleur et d'électricité, la commission établisse des critères de durabilité similaires à ceux qui sont déjà indiqués pour les biocarburants et autres bios liquides.

En ce qui concerne les émissions produites durant la combustion de la biomasse, on souligne une série de caractéristiques favorables par comparaison aux combustibles traditionnels que sont le gaz naturel et le gasoil.

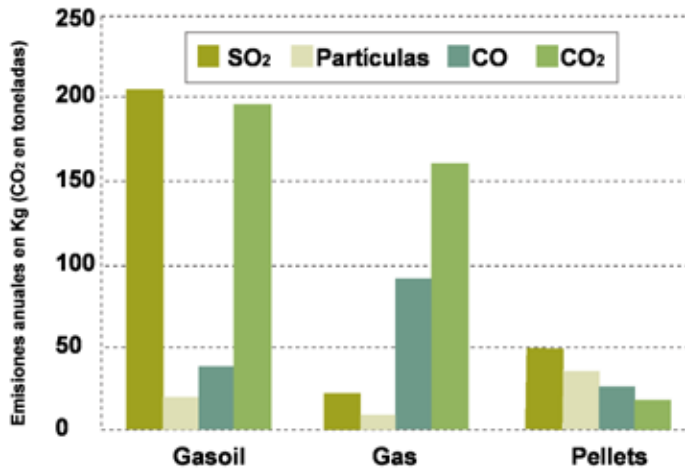
- Diminution des émissions de soufre.
- Diminution des émissions de particules.
- Émissions réduites de co-polluants comme le CO, HC et NO<sub>x</sub>.
- Réduction de la maintenance et des risques dérivés des fuites de gaz toxiques et combustibles dans les maisons.

Le tableau présenté à la suite compare les émissions des chaudières modernes mesurées en fonctionnement réel sur un échantillon d'écoles publiques en Autriche [15]. Dans ces mesures, les chaudières de biomasse avaient des émissions plus basses ou similaires de SO<sub>2</sub>, des émissions légèrement plus élevées de NO<sub>x</sub> et de CO et des émissions plus élevées mais acceptables de particules.

	Gazole de chauffage	Gaz naturel	Chutes de bois, pellets
CO	10	150	250
SO <sub>2</sub>	350	20	20
NOx	350	150	350
Particules	20	0	150
NMVOC	5	2	10

**Tableau 8.-** Émissions en mgr. /kWh sur l'énergie fournie.  
Source: IDAE

En comparant l'impact environnemental, non seulement les émissions de la chaudière doivent être examinées, mais il est également nécessaire de prendre en considération le cycle complet de la production d'énergie. Ainsi qu'on l'a indiqué antérieurement, des émissions sont également provoquées en cours de fabrication, de transport de combustible et d'autres procédés (par exemple la fabrication et l'élimination de la chaudière)



**Figure 16-** Modification des émissions du cycle de vie pour différents combustibles.  
Source: IDAE

En conséquence, si l'on considère tout le cycle de vie de production et d'utilisation des différents combustibles, nous voyons que les émissions d'un biocombustible solide élaboré, tel que les pellets, atteignent des valeurs inférieures dans tous les cas, exception faite de l'émission de particules et de SO<sub>2</sub> par comparaison avec le gaz. Cela est dû au système d'extraction et de production et au transport nécessaire pour l'utilisation des combustibles fossiles.

Outre les aspects relatifs aux émissions, il y a d'autres aspects environnementaux à souligner. Par exemple, dans le cas de la biomasse forestière, l'exploitation des restes qui subsistent en forêt après les différentes interventions sylvicoles entraîne un retrait de ces restes, avec nettoyage des forêts. En conséquence, il s'agit-là d'un travail de gestion des restes forestiers, qui est nécessaire pour réaliser un meilleur entretien des forêts, combattre des incendies et éliminer des fléaux, travaux qui actuellement ne sont souvent pas réalisés, alors que l'exploitation bioénergétique constitue pourtant une belle incitation à le faire.

# **2.**

# **Exemples**

# **Pratiques**

## 2.1. Taillis à Courte Rotation (Euroinnova)

### Nom du projet

Parcelles d'essai de culture de peupliers en taillis à courte rotation pour la production de bio-combustibles solides.

### Promoteur

Projet Euroinnova auquel ont participé les entreprises et les organismes suivants: (Fundagro, Universidad Pública de Navarra, Acciona Energia, Boscalia, Grupo EHNOL y CENER)

### Localisation

Peralta et Corella (en Navarre), et Alfaro (en Rioja)

### Date d'implantation des parcelles

Les parcelles ont été implantées en mars 2008 à Peralta et Alfaro, et en mars 2009 dans le cas de Corella.

### Objet du projet

L'objectif du projet est d'évaluer, par l'intermédiaire de l'implantation et du suivi de parcelles tests et de démonstration de plantations de peupliers en cycle court, la viabilité réelle de cette espèce comme source de biomasse pour le secteur énergétique dans les conditions de la Navarre. En conséquence, à partir de ce projet, on souhaite avoir une meilleure connaissance de la culture et du fait que les entreprises qui y participent, si les résultats sont positifs, puissent l'implanter à échelle industrielle.

Le terme **Taillis à Courte Rotation** (TCR ou SRC, selon les sigles en anglais) se réfère à la culture pour la production de biomasse, des espèces forestières à croissance rapide qui, implantées à forte densité et gérées avec des techniques de culture adaptées, sont récoltées en cycles brefs.

Les caractéristiques que doivent présenter les espèces végétales pour être adaptées à cet objectif sont les suivants:

- Elles présentent le meilleur rendement productif.
- Elles présentent un bon rapport entre son pouvoir calorifique et le rendement annuel.
- Elles sont susceptibles de s'implanter dans différents milieux agricoles et sous différentes latitudes.
- Croissance juvénile rapide.
- Capacité de repousse.
- Adaptation à des périodes de déficit hydrique.
- Tolérance aux problèmes phytopathologiques.
- Exigence minimale de fertilisants et produits phytosanitaires.
- Persistance pluriannuelle de la culture.
- Bilan énergétique très positif par rapports à d'autres cultures productrices de biomasse.

Les principales espèces forestières à croissance rapide adéquates pour le SRC sont :

- Le peuplier (*Populus* spp.)
- Le saule (*Salix* spp.)
- L'acacia (*Robinia pseudoacacia*)
- L'eucalyptus (*Eucalyptus* spp.)



**Figure 17.** Parcelle de peuplier en TCR  
Source: CENER

## Description générale des essais

Pour l'objectif fixé, les types d'essais envisagés ont été au nombre de deux:

1. Essais sur des micros parcelles, avec objectif de réaliser des essais d'évaluations de techniques de cultures qui permettent d'obtenir une gestion optimale de la culture et une augmentation de son rendement avec des coûts de production moindres. Ces essais sont :
  - Essai de fertilisation.
  - Essai de clonage de peuplier.
  - Essai d'espèces.
  - Essai de densité de plantation.
  - Essai de système de plantation.
2. Essais démonstratifs implantés sur des parcelles agricoles, qui permettent d'étudier la culture sous des conditions similaires à celles de la production réelle avec réalisation de l'étude de coût et récolte de la culture.

## Caractéristiques principales du projet

Il s'agit de parcelles agricoles, d'essais sur des micros parcelles et des parcelles de démonstrations avec du peuplier en TCR sans but de commercialisation des productions obtenues. Les essais actifs actuellement sur chacune des localisations sont les suivants:

Localité	Arrosage	Essai de démonstration piquets	Essai de démonstration rames	Fertilisation	Clones	Densité	Espèces
<b>Alfaro</b>	Inondation	Oui (I214)	Oui (IMC)	Oui (IMC)	Oui	Oui (IMC) (malo)	Oui (mal)
<b>Buñuel</b>	Inondation	Oui (IMC)	Oui (IMC)	Non	Oui	Annulé	Annulé
<b>Corella</b>	Goutte à goutte	Non	Non	Oui (IMC)	Oui	Oui (IMC)	Non

Les travaux qu'il est nécessaire de réaliser sur le terrain pour l'implantation et le maintien des essais sont décrits à la suite:

- Préparation du terrain.
- Plantation de piquets.
- Travaux de maintenance: Parmi ces travaux il y a principalement:
  - Arrosage périodique pour maintenir l'humidité adéquate requise par la culture.
  - Élimination des mauvaises herbes.
  - Traitement des sentiers entre les micros parcelles et bordures de parcelles.
  - Étêtage: c'est l'action de tailler la plante lors de la première année de croissance afin de stimuler la croissance de branches secondaires de la plante et qu'elle prenne l'allure d'un arbuste.

### **Avancées technologiques**

Parmi les expériences accumulées à ce jour, on a noté l'importance de laisser un espace suffisant entre les allées pour le contrôle des mauvaises herbes surtout en phase de préémergence.

Cela oblige à rechercher des densités de plantations plus basses. Dans d'autres essais de peupliers en TRC qui ont été réalisées en Espagne dans le cadre du projet On-Cultivos, et qui sont plus avancés dans les cycles réalisés, on a constaté également l'intérêt qu'il y a à diminuer les densités de plantations bien que même si le maximum productif en quantité de biomasse conseille à des densités élevées, le maximum économique indique que ces densités doivent être inférieures, à savoir qu'elles doivent se situer entre 6.000 et 10.000 plantes par hectare.

Un autre des aspects qui pose question est la nécessité de réaliser les cépages pour augmenter la vigueur de la plante, la première coupe se faisant directement à 2 ou 3 ans.

## 2.2. Centre de Traitement de la Biomasse (CENER)

### Nom de l'installation

Centre de Traitement de la Biomasse de CENER.

### Promoteur

CENER - National Renewable Energy Center of Spain ([www.cener.com](http://www.cener.com)).

### Localisation

Aoiz (Navarre).

### Date de mise en marché

Juin 2009.

### Objet de l'installation

L'objectif du CTB est le développement de processus avancé de production de biocombustibles solides à partir d'un large éventail de biomasse, en combinant les procédés physiques conventionnels avec la torréfaction. Le CTB fait partie du Centre de Biocombustibles de 2<sup>ème</sup> Génération (CB2G) à Aoiz. Cette installation expérimentale permet:

1. De développer les processus de torréfaction et de pelletisation.
2. L'optimisation des conditions d'opérations.
3. Les essais de production avec différentes biomasses.
4. Caractérisation énergétique des biocombustibles produits.



**Figure 18.** Vue générale de l'équipement de torréfaction.  
Source: CENER

### Description générale de l'installation

Le CTB comprend des procédés physiques de réduction de la dimension des particules (hâchage, brisures), séchage, mouture et pelletisation, ainsi qu'un système de traitement thermochimique avancé (torréfaction). De même, il possède des équipements de laboratoire associés aux contrôles de ces procédés (pompe calorimétrique, analyses élémentaires, granulométrie, « pellet tester », étuve pour la détermination de l'humidité et des cendres).

### Caractéristiques principales

Le CTB constitué comme une usine pilote a été conçue pour une capacité de production de 500 kg par heure. On a installé à cet effet des équipements industriels et un prototype précommercial dans le cadre du traitement thermochimique selon une configuration qui permet aussi bien le fonctionnement continu de l'ensemble de l'usine que le fonctionnement de chacun des équipements de manière autonome.

L'usine a une capacité de traitement de biomasse de différentes origines, aussi bien ligneuse qu'herbacée. Certains exemples de ces biomasses sont: la paille de céréale, le déchet forestier, les cultures énergétiques ou les déchets de l'industrie du bois. Dans cette usine on obtient différents types de biocombustibles solides comme des copeaux ou des pellets (compris des pellets torréfiés). L'investissement réalisé pour la construction de cette usine, sans compter les terrains, atteint les 2 millions d'€.

L'usine pilote de traitement de biomasse se divise en différentes zones:

- Zone de réception du matériel.
- Zone de prétraitement où l'on réalise la réduction granulométrique de la biomasse et son séchage.
- Zone de densification dans laquelle on réalise la mouture, les mélanges, les différentes biomasses le cas échéant et leur pelletisation.
- Zone de traitement thermique où est réalisée la torréfaction de la biomasse.
- Zone de stockage.
- Laboratoire de caractérisation des biocombustibles solides.

Cette usine pilote a été conçue selon le critère principal de la versatilité de son fonctionnement. Cette versatilité comprend aussi bien les types de biomasse qui peuvent être traités dans l'usine, que les opérations qui doivent être réalisées sur chacune des biomasses en fonction de leurs caractéristiques et que les produits semi-finis qui doivent être obtenus au cours de processus en fonction des besoins du projet.

La réduction de la taille des particules est réalisée par le biais d'une hacheuse de paille pour les matériaux herbacés et d'une broyeuse pour les matériaux ligneux. La taille des particules à la sortie de ces équipements est régulée par des tamis de 15 mm à 60 mm de diamètre de passage. Ces équipements sont dotés d'une trémie d'alimentation et d'une capote supérieure pour contrôler la dispersion des particules.

Pour le séchage de la biomasse, on a installé un séchoir rotatif de type trommel avec capacité de séchage de biomasse ayant une teneur en humidité maximum de 55%. Après le séchage, il est nécessaire de réduire encore plus la granulométrie de la taille des particules avant qu'elles soient palettisées.

Pour cela on dispose de deux moulins qui travaillent en série. Le premier d'entre eux est un moulin à marteaux et le second un moulin à disques, les deux permettant de faire en sorte que la taille finale des particules obtenues lors de chaque essai soit comprise entre 6mm et 10 mm. Tout le long du parcours de la biomasse, on dispose des éléments nécessaires pour l'élimination des impuretés (métaux, pierres), et, de cette manière, de ne pas endommager les équipements ni contaminer le produit final. Les équipements sont adaptés aussi bien aux matières premières ligneuses qu'aux matières premières herbacées.

Ensuite, la biomasse arrive au module de pelletisation que dispose une mélangeuse d'une capacité de 1m<sup>3</sup>, de la pelletiseuse et des équipements pour le refroidissement et le nettoyage des pellets produits. La pelletiseuse installée est de type à matrice annulaire sur laquelle s'exerce la pression de deux rouleaux.

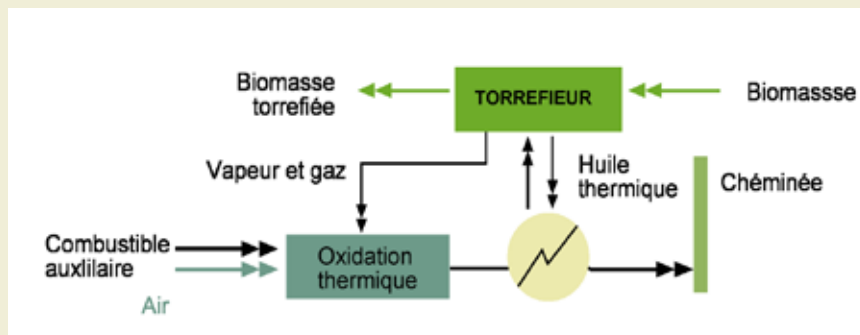
Pour sa part, la torréfaction est un processus thermo-chimique lors duquel on réalise un réchauffement progressif de la biomasse jusqu'à 230-300°C, sous atmosphère libre d'oxygène, en maintenant la biomasse à ces températures pendant une période qui va de 10 à 40 mn.

En ce qui concerne la productivité, pour ce qui est du rendement de masse, il se situe entre 85% et 90% b.h. et le rendement énergétique est de 90% à 95%.

Enfin, le laboratoire annexé au CTB peut procéder aux analyses suivantes, aussi bien sur la biomasse que sur les biocombustibles obtenus: détermination du pouvoir calorifique, analyses élémentaires (C, H, N, S), granulométrie, détermination de l'humidité, détermination des cendres et essai de durabilité du pellet.

**Figura 19.** Schème du processus de torréfaction.

Source: CENER



### Avancée technologique

La principale avancée technologique de cette usine est l'intégration de la torréfaction dans la production de biocombustibles solides. Les principaux avantages de la biomasse torréfiée sont indiqués ci après :

- La biomasse torréfiée est friable, ce qui réduit de manière significative les coûts de conditionnement et de mouture.
- La biomasse torréfiée est moins fibreuse que l'original, ce qui facilite sa manipulation et l'alimentation de la chaudière.
- La biomasse torréfiée résiste aux attaques biologiques parce qu'elle est homogène et que ses qualités restent stables.
- La teneur en humidité est basse, aux alentours de 3 – 4% b.h., et ne subit aucune variation due au temps, même sur de longues périodes de stockage.
- Son poids calorifique minimal est supérieur à la biomasse de départ aux alentours de 19-20 MJ/KG.
- Les caractéristiques qui précèdent lui confèrent des avantages très nets en matière de stockage et de transport pour la gestion logistique de l'approvisionnement en grande quantité.

## 2.3. District Heating (Valle de Ultzama-Navarra)

### Nom de l'installation

Système de chauffage centralisé par biomasse.

### Promoteur

Municipalité de Ultzama.

### Localisation

Larrainzar (Navarra).

### Date de mise en service

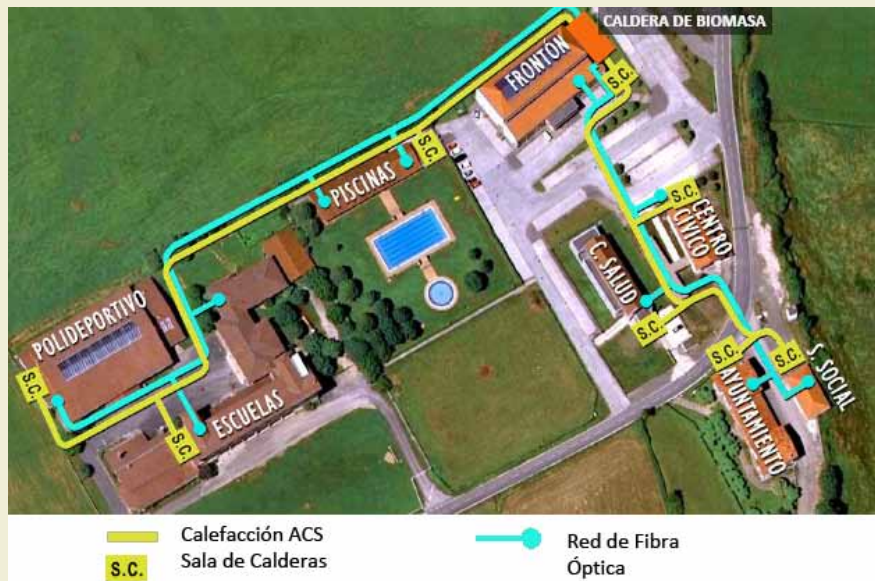
Juin 2009.

### Objet de l'installation

L'objectif de l'installation est de disposer de chauffage et d'eau chaude sanitaire dans huit immeubles municipaux (les immeubles de la mairie du collège public des services sociaux du centre de santé, du centre civil de municipal, le fronton et le centre multisports), d'une manière plus efficace et respectueuse de l'environnement tout en utilisant le bois de la vallée elle-même et en générant un emploi rural.

### Description générale de l'installation

La mairie d'Ultzama à Larrainzar concentre autour d'elle presque tous les services publics municipaux d'Ultzama. Enclavé sur trois parcelles municipales qui couvrent environ 40.000 m<sup>2</sup>, la superficie totale construite est d'environ 10.590 m<sup>2</sup>. Le projet concerne huit immeubles.



**Figure 20.** Schéma de distribution du système centralisé de chauffage et d'ACS.

Source: Municipalité de Ultzama

Le système de chauffage dispose de trois chaudières d'une puissance totale de 800 kw, et de sous stations individuelles, dont chaque enceinte avec mesure de consommation et télécontrôle par internet. La biomasse est stockée dans deux silos différenciés de soixante-dix mètres cubes pour la biomasse d'origine forestière et de trente mètres cube pour « pellets ».

On a adopté le système de l'eau chaude impulsée par pompe avec un système bi tubulaire (aller et retour) pour la distribution du fluide de chauffage de circuit primaire et de l'eau froide pour la production d'ACS.

### **Caractéristiques principales de l'installation**

Il s'agit d'une installation commerciale dont la puissance est de 786 kw thermique. On estime que les besoins pour satisfaire le système sont de 700.000 kg par an de brisures de biomasse forestière provenant des massifs forestiers de la municipalité elle-même. La limite d'humidité admise par l'installation est de 50%. Le produit obtenu est une eau chaude pour fournir de la chaleur et de l'ACS aux 8 bâtiments publics appartenant à la municipalité et ce par le biais d'un système de génération centralisée d'un réseau de distribution.

Le budget de l'installation est d'environ 1,2 million d'€, y compris les travaux de canalisation du système de conduite pour la distribution de chaleur qui représente les deux tiers de l'investissement.

Le système centralisé de production d'énergie est constitué de trois chaudières de biomasse connectées en parallèle. La principale, d'une puissance de 700 kw, utilise tout type de biomasse d'origine forestière (bois, copeaux et déchets agricoles). Les deux autres chaudières sont une chaudière d'appui et une chaudière pour pellets de 48 kw de puissance nominale chacune. Elles sont utilisées lors des moments où la demande calorifique est moindre. Pour couvrir les pics de consommation, le système de distribution dispose d'un accumulateur à inertie de 2.000 l.

Au sein de la zone sur laquelle se trouvent les bâtiments publics, la situation de la salle des chaudières, d'où partira le réseau de conduite a été placée contre la paroi est du fronton. Cette situation permettra de profiter d'un petit dénivelé pour créer un niveau supérieur qui facilitera le déchargement de la biomasse dans le silo.

La biomasse est stockée dans deux silos différents de 100 m<sup>3</sup>, pour la biomasse d'origine forestière et de 30 m<sup>3</sup> pour les pellets. Aussi bien les silos que les chaudières sont situés dans une salle destinée et construite à cet effet. Comme source d'énergie on utilisera la biomasse provenant de la vallée même d'Ultzama, riche en restes forestiers, sous forme de brisures, de sciures, de tailles et de pellets.

Toute l'énergie thermique est produite dans une salle de chaudière centralisée et depuis là distribuée à toutes les diverses enceintes par le biais de conduites isolées souterraines. On a adopté le système d'eau chaude impulsée par pompe en choisissant le système tubulaire (aller et retour) pour la distribution du fluide de chauffage dans le circuit primaire. Pour activer la circulation d'eau chaude dans les circuits, on installera des pompes dans les circuits de refoulement, une par chaudière de sorte que le fluide porteur de chaleur arrivera dans des conditions précises de débit et de pression au poste d'échange requis.

Dans chaque immeuble se trouve une sous-station pour la connexion avec le système existant. Dans chaque immeuble, il existe une sous-station avec un compteur de consommation et de télé-contrôle. Le système est contrôlé depuis la salle même des chaudières pour un fonctionnement optimal selon la prévision horaire d'utilisation et la prévision météorologique.

### **Avancée technologique**

L'objet du plan d'action consiste à remplacer les systèmes d'approvisionnement de chaleur des bâtiments publics qui disposent actuellement de chaudières anciennes au gasoil avec une efficacité énergétique moyenne, par de nouvelles technologies qui en augmenteront l'efficacité et réduiront les émissions de gaz à effet de serre grâce à l'implantation de mesures fondées, principalement sur le remplacement du combustible conventionnel des chaudières par de la biomasse.

## 2.4. Chauffage de la Zone Industrielle (Turbomeca)

### Nom de l'installation

Piles combustibles à partir de biogaz.

### Promoteur

Turbomeca.

### Localisation

Bordes (Pyrénées Atlantiques) (France)

Le siège social de Turbomeca se situe à Bordes (Pyrénées Atlantiques). Ce site vient d'être réorganisé pour accueillir non seulement le nouveau bâtiment « Joseph Szydowski » de TURBOMECA (HQE, éco-conçu...) mais aussi de nombreux sous-traitants de TURBOMECA favorisant ainsi l'émergence d'un Pôle aéronautique de plus de 53 hectares.

### Description générale de l'installation

Turbomeca est une filiale du groupe SAFRAN. Turbomeca est spécialisée dans la conception, la production, la vente et la maintenance de turbines à gaz de petite et moyenne puissance pour hélicoptères. Avec une gamme de motorisations complète et unique, de fortes coopérations et des services au plus près du client, Turbomeca est le motoriste leader sur le marché international.

Pour chauffer les nombreux bâtiments (le site Turbomeca, les sous-traitants, un parc d'activités tertiaires et diverses structures, notamment un restaurant inter-entreprises, un hôtel d'entreprises, une salle de conférences et une crèche), ce pôle a été équipé par TURBOMECA d'une centrale d'énergie d'une puissance de 9 MégaWatts. Nous avons donc affaire là à un bel exemple de mutualisation de service sur une zone d'activité.

Cette centrale n'a qu'une utilisation de confort (chauffage des locaux), elle ne délivre aucune énergie liée au process. Cette installation a été concédée, suite à un appel d'offre, pour 18 ans à COFELY, filiale énergie de GDF-SUEZ.

### Caractéristiques principales de l'installation

Elle est composée de 3 chaudières de 3 MégaWatts. L'une alimentée par du bois, une deuxième par du gaz et la troisième combine une alimentation en gaz et fuel. La chaudière au bois couvre 80 à 82% des besoins en chauffage de l'usine, du restaurant d'entreprise et des anciens bâtiments. Les deux autres chaudières servent non seulement d'appoint durant les périodes de grand froid mais aussi d'unités de secours capables de prendre le relais en cas de panne ou d'entretien de la chaudière principale.

Pour parvenir au site industriel, l'eau qui sort de la centrale à 98°C (fluide primaire), est acheminée par un réseau souterrain complexe, composé de sous-station et d'échangeurs, lesquels approvisionnent à 85°C le bâtiment Joseph Szydowski (réseau secondaire). Concrètement, l'ensemble a été prévu pour faire face efficacement jusqu'à une température extérieure de - 7°C. Au-delà, gaz et fuel prennent le relais. Pour l'heure, le gaz et le fuel n'ont été utilisés que lors de la maintenance de la chaufferie.

La chaudière au bois permet d'éviter le rejet de 1 500 tonnes de CO<sub>2</sub> /an. Cette chaudière est alimentée par un mélange de palettes broyées et de plaquettes forestières. Les cendres issues de cette chaudière seront réutilisées comme apport minéral dans une filière de valorisation agricole.

Elle doit aussi favoriser l'émergence d'une filière bois-énergie dans le département. En effet, à elle seule, cette chaudière nécessite un approvisionnement d'un poids lourd par jour en plaquettes forestières. Or cette source énergétique est essentiellement régionale et est gérée par la SOVEN filiale de COFELY.

Actuellement, le coût de la chaleur produite est 40% moins élevé que celle produite au gaz.

Contractuellement entre Turbomeca et COFELY, la chaudière ne doit fonctionner que du 1er septembre au 31 mai, sauf aléas climatiques exceptionnels.

Cette centrale d'énergie a nécessité un investissement de 1.8 million d'euros dont 40000 euros de subventions de la part de l'Europe, de l'état et des collectivités locales.

## 2.5. Piles à Combustibles (Leia – Tecnalia)

### Nom de l'installation

Piles combustibles à partir de biogaz.

### Promoteur

Fondation Leia C.D.T. – Tecnalia.

### Localisation

P.T. d'Álava. Miñano (Álava).

### Date de mise en service

La mise en service a commencé au cours de l'année 2009 après avoir réalisé une large étude bibliographique et avoir procédé à la mise en place des équipements pour les essais à réaliser.

### Objet / finalité de l'installation

Le principal objectif auquel a travaillé la Fondation LEIA a été de développer un procédé innovant et durable de production d'hydrogène en employant comme alimentation le biogaz obtenu dans le processus de digestion anaérobie des déchets générés dans une usine de traitement de déchets carnés.

### Caractéristiques principales de l'installation

L'installation que possède la Fondation Leia dispose des équipements suivants:

#### - Usine d'absorption à échelle de laboratoire

Les essais de nettoyage de biogaz ont été menés à bien dans une usine d'absorption à échelle de laboratoire construite en acier inoxydable par PID Eng&Tech appartenant à Leia.

La figure représente un schéma de l'usine d'absorption. Elle est dotée d'un système d'alimentation de gaz et d'un mélangeur pour la bonne homogénéisation de l'alimentation à l'entrée de l'usine. La colonne d'absorption est une colonne cylindrique dotée de trois résistances électriques de 2000 w de puissance chacune qui permettent de travailler à haute température. La température du sédiment est contrôlée par un thermocouple. Deux autres thermocouples sont situés à deux hauteurs différentes qui permettent le suivi du profil de la température le long du sédiment pendant les étapes d'absorption et de désorption. La pression maximale de conception est de 10 bars à une température de 120°C. À la sortie de l'usine, les produits gazeux traversent un filtre à particules avant d'être renvoyés à l'équipement d'analyse. Une valve à pression à la sortie de l'usine permet le contrôle de la pression de service. En outre le système permet la mesure de la différence de pression entre les deux points supérieurs et inférieurs du sédiment. L'usine dispose également de différents systèmes de sécurité au cas où des défaillances se produiraient au niveau du système de contrôle de l'usine.

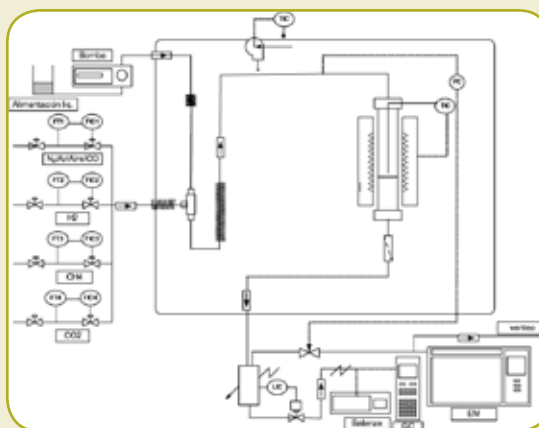


Figure 21. Schéma de l'installation.

Source: Leia Tecnalia

L'adsorption par Oscillation de Pression (Pressure Swing Adsorption, PSA), est une technologie basée sur l'absorption préférentielle des composants gazeux présentant un intérêt et situés sur la surface d'un matériel absorbant, à fortes pressions.

Après une période de fonctionnement déterminé, l'absorption se colmate et doit être régénérée pour être réutilisée lors de cycles d'absorption ultérieure. La régénération est faite par réduction de la pression du système et entraînement des composants retenus par un courant de purge à basse pression et autre température (désorption).

### - Réacteur de synthèse à échelle de laboratoire

Équipement automatisé de réaction pourvu d'un réacteur isotherme de sédiment fixant (Micro-activity Reactor de PID Eng&Tech) connecté en ligne à un spectromètre de masse (EM OmniStar GDS 301 C de Pfeiffer Vacuum) pour l'analyse des produits.

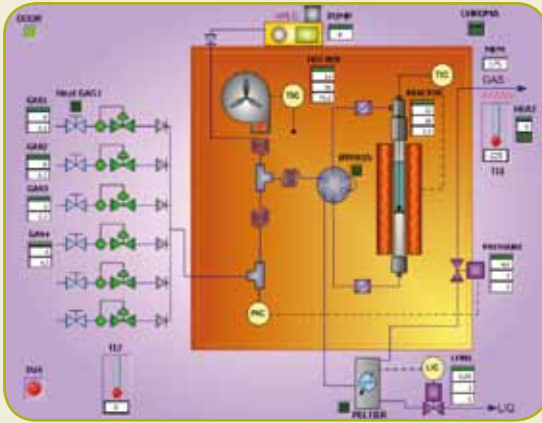


Figure 22. Écran de contrôle de l'installation.

Source: Leia - Tecnalía

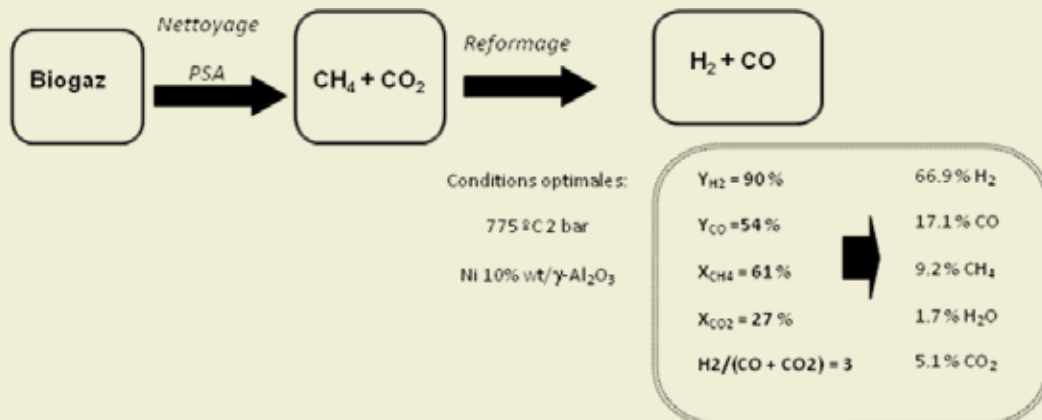
Le réacteur est en acier inoxydable situé à l'intérieur d'une chambre en acier inoxydable chauffée avec une résistance électrique qui permet de maintenir la température de la cuve à température suffisante pour vaporiser l'alimentation liquide. L'équipe dispose de trois entrées de gaz et d'une pompe piston pour l'alimentation liquide et non volatile depuis un dépôt. Les gaz sont préalablement chauffés puis homogénéisés avant d'entrer dans le réacteur lequel est préparé pour travailler jusqu'à 100 atm de pression, 700°C et avec une masse de catalyseur allant jusqu'à 5g. Le sédiment est constitué d'un mélange de catalyseur et d'inerte afin de garantir l'isothermicité du sédiment et la hauteur suffisante dans les cas de temps spéciale bas. À la sortie du réacteur les produits de réaction sont condensés à 0°C. Le gaz se mélange dans le mesureur de masse et est envoyé en continu à l'EM afin d'être analysé en ligne. La quantité de liquide obtenue est mesurée périodiquement à l'aide d'une balance de précision.

La température du réacteur est contrôlée et gérée à l'aide d'un contrôleur digital de température. La lecture de la température est réalisée à l'aide de thermocouples. Il y a deux contrôleurs supplémentaires de température dans la chambre du four et sur la ligne de transfert du réacteur vers l'équipement d'analyse. Les débits des entrées gazeuses sont déterminés par des mesureurs de masse qui sont complétés par une valve de contrôle et un système de lecture permettant de contrôler les flux de gaz de 2,5 mlc.n./min à 500 mlc.n./min. Le contrôleur de pression agit sur une valve à aiguille en fonction du flux de gaz qui passe par le réacteur.

### Méthodologie d'expérimentation

Les activités réalisées comportent les étapes suivantes:

1. Nettoyage et enrichissement de biogaz. Pour cela on a utilisé la technique d'absorption par oscillation de pression (PSA) en utilisant différents matériaux absorbants, puis une vérification ultérieure de sa stabilité après différents cycles successifs d'absorption-désorption, et on a également déterminé l'influence de la composition de l'alimentation sur la capacité d'absorption du matériau absorbant choisi.
2. Obtention de H<sub>2</sub> à parti de biogaz. Le processus consiste à l'obtention de gaz de synthèse à partir de biogaz par reformation. On a réalisé un plan d'essai après lequel on a choisi des conditions optimales de fonctionnement suite à la sélection du catalyseur optimal (meilleur compromis entre réactivité, sélectivité, résistance à la désactivation par coque entre les produits ajustés commercialement et les produits synthétisés dans le laboratoire) lors de l'obtention de H<sub>2</sub> par reconstitution sèche du biogaz à l'aide du propre CO<sub>2</sub> présent dans ledit biogaz.



Les produits gazeux de réactions seront analysés par spectroscopie de masses (EM) et dans un microchromatographe de gaz (micro-GC).

### Avancée technologique

Les résultats obtenus à ce jour, lors d'une étape de reformation de biogaz après nettoyage et adaptation du biogaz aux conditions optimales de fonctionnement, sont de conversion de méthane et de dioxyde de carbone de 61% et 27% respectivement. Il y a un point important dont il faut tenir compte, à savoir le débit de CO<sub>2</sub> qui doit être introduit dans l'alimentation pour l'étape de reformation et qui doit être réduit de façon draconienne lors de l'étape d'absorption jusqu'à ce que la relation CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub> = 3 pour que la conversion à H<sub>2</sub> soit maximale.

## 2.6. Biométhanisation (Valle de Ultzama)

### Nom de l'installation

Usine commune de digestion de lisiers pour l'obtention d'électricité et de chaleur.

### Promoteur

Municipalité de Ultzama, Basaburua et Odieta – Bioenergia Ultzama S.A., Navarra.

### Localisation

Polígono Elordi de Traizotz (Navarra).

### Date de mise en service

Décembre 2010.

### Objet de l'installation

L'objectif de l'usine est la gestion environnementale durable du purin généré par le bétail dans la zone grâce à la valorisation énergétique. On génère 4 millions de kilowatts/heure d'électricité par an et d'énergie thermique à partir du biogaz produit à partir du purin provenant de 2.700 vaches et ce, par le biais de la biométhanisation. Les restes du processus sont destinés à du compostage et à de l'engrais liquide après un processus de transformation dans l'usine.



Figure 23. Vue d'ensemble de l'usine de biogaz.

Source: Aierdi Ingenieros

### Description générale de l'installation

La particularité du projet est concrétisée dans la capacité génératrice d'énergie électrique et thermique à partir de purin récupéré sur 26 exploitations d'Ultzama, Odieta et Basaburua, en plus des avantages environnementaux qui sont apportés par l'élimination d'un élément polluant. Plus de 75% des restes générés par les 2.700 vaches fournissent la base organique de transformation en raison de 220 tonnes par jour. Le biogaz, principalement constitué de méthane à raison de 60 – 65%, est le résultat d'un processus de fermentation de matières organiques par absence d'air. Son obtention dans des cuves spécifiques, dénommées digestes, permet de générer 500 kW/h d'électricité et 850kW/h d'énergie thermique avec 4 moteurs dont 3 sont localisés dans des usines du polygone Elordi.

### Caractéristiques principales de l'installation

Il s'agit d'une usine industrielle pour traitement du purin de bétail bovin grâce à la valorisation énergétique dans le cadre d'un processus de cogénération. La puissance de l'installation est de :

- 500 kW d'électricité.
- 850 kW d'énergie thermique.

On estime qu'il y a 8.000 heures de fonctionnement annuel pour l'installation.

L'usine peut traiter 80.000 tonnes de purin (environ 10% de matière sèche) par an, collectées et transportées par l'entreprise Larrazcar, à raison de 220 tonnes/jour.

Outre l'électricité et la chaleur produite, on obtient une fraction solide lors des processus de transformation des purins qui donne lieu à des coproduits comme de la matière première pur le compostage et des engrais liquides à raison de quantités annuelles de:

Digestat liquide: 65.000 t/an.  
Digestat solide: 10.000 t/an.

L'investissement de l'usine pour sa construction a été environ 5,5 millions d'euros.



## 2.7. Applications à l'Agriculture (serres)

### Nom de l'industrie

Chauffage de serres de tomates

### Promoteur

Rubén Martinez

### Localisation

Oteiza (Navarre)

### Date de mise en service

Novembre 2009

### Objet/Finalité de l'installation

Fournir du chauffage à une serre qui produit des tomates par le biais d'une chaudière à biomasse et distribution d'air chaud et de sol radiant.



Figure 25. Vue de l'intérieur de la serre:  
Source: CENER

### Description générale de l'infrastructure

L'exploitation couvre une superficie de 2.300 m<sup>2</sup> sur laquelle sont cultivées des tomates selon la méthode hydroponique. La production annuelle de tomates se situe aux alentours de 35.000 kilos par an. Ce volume est produit en deux campagnes par an qui vont de février à juin, pour la première, et de juillet à décembre, pour la seconde, allant, pour les deux cas, de la plantation à la récolte du fruit. Étant donné que la culture des tomates correspond à des périodes de l'année où les températures sont inférieures à celles qui sont admises pour ce type de culture, il est nécessaire de chauffer la serre pour qu'il y règne une température de 14°C, 15°C ou 16°C, en fonction de la culture. Pour atteindre cet objectif, le titulaire de l'exploitation a opté pour l'installation de deux chaudières de biomasse, de puissances différentes, qui travaillent en parallèle.

Comme cela a été indiqué, les tomates sont cultivées selon une méthode hydroponique, sur un substrat inerte, perlite, dans lequel, les nutriments nécessaires à la plante pour son développement lui sont apportés par le biais de la fertigation. Les plants de tomate sont situés en lignes parallèles le long de la serre, de manière équidistante, répartis deux par deux à égale distance de chaque côté de la ligne. Le nombre total de lignes dans la serre est de 16.

### Principales caractéristiques de l'installation

Il s'agit d'une installation industrielle constituée de deux chaudières à biomasse chargées de chauffer la serre dont elles font partie. Cette chaleur est fournie de deux manières. La première, grâce à un chauffage par sol radiant, par le biais d'un réseau de tubes ondulés dans laquelle circule l'eau chauffée à 45°C qui s'écoule parallèlement aux lignes de culture de tomate, sous le substrat. L'autre voie de chauffage se fait au moyen d'aéro-radiateurs constitués d'échangeurs eau/air.

Les chaudières, de marque italienne CT-Pasqualicchio ([www.ctpasqualicchio.it](http://www.ctpasqualicchio.it)) sont du modèle « CS MARINA ». Ces chaudières ont une taille distincte, la puissance la plus élevée étant de 348 KW thermiques et la plus faible de 114,8 KW. Ces chaudières sont constituées d'une trémie d'alimentation dans laquelle le combustible est introduit à l'intérieur de la chaudière par la partie inférieure du brûleur au moyen de deux vis sans fin. Ces deux vis permettent de contrôler la quantité de combustible apporté. La combustion du combustible s'opère au niveau de la partie supérieure dans laquelle l'air est introduit au moyen d'un ventilateur. Les fumées chaudes de la combustion passent jusqu'à trois fois au travers d'un circuit de tubes horizontaux où se produit la cession de la chaleur avant de sortir à l'extérieur par la cheminée.

Les principales caractéristiques de ces chaudières sont:

- Allumage et alimentation automatique
- Chaudières multicomcombustible
- Rendement prouvé de 89%
- Grille fixe qui limite d'utilisation de combustible avec haute teneur en cendres.
- Retrait manuel des cendres
- Nettoyage des tubes d'échange.

La biomasse utilisée dans ces équipements est constituée de noyaux d'olives fournis par des entreprises de la zone qui sont approvisionnées par des presses situés dans la province de Jaén. Le prix de vente de ces biocombustibles se situe entre 120 et 140 €/t, avec une teneur en humidité de 10 à 12%. On estime que la consommation annuelle de noyaux d'olives pour les deux campagnes de production par an est d'environ 60 t.

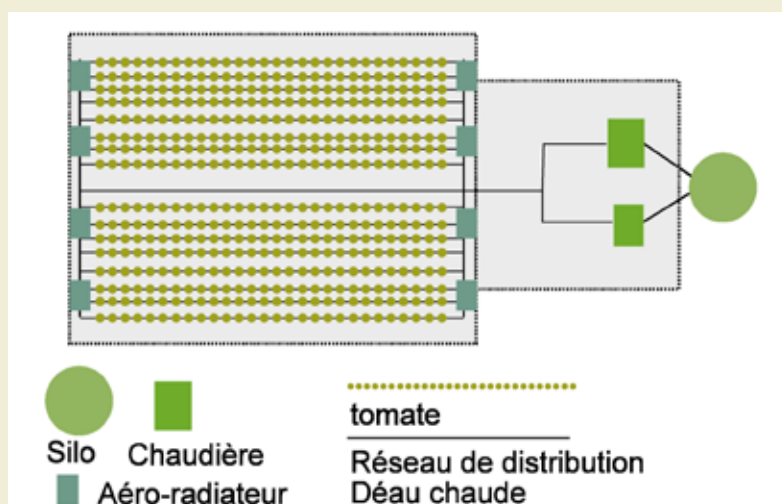
Les deux chaudières travaillent indépendamment l'une de l'autre. Depuis la chaudière de plus forte puissance sort de l'eau chaude à 85°C à une pression de 2 bars qui est impulsée dans un circuit connecté à huit aéro-radiateurs répartis par groupes de quatre des deux côtés de la serre. Chaudière de moindre puissance réchauffe, pour sa part, l'eau du circuit qui est connecté au système de distribution de chauffage au sol radiant.

L'équipement est composé de:

- Silo d'alimentation de combustible extérieure d'une capacité de 16.000 kg
- Trémie d'alimentation à chaudière, une pour chacune des chaudières
- Chaudières à biomasse
- Système de distribution d'eau chaude aux équipements de chauffage
- Équipement de chauffage: aéroradiateurs et sol radiant
- L'investissement dans le système de chauffage de la serre incluant les chaudières atteint 80.000 €

Comme indiqué précédemment, l'installation fonctionne pendant les mois nécessaires à la fourniture de chauffage à la serre. La serre dispose de sondes de températures qui, connectées au centre de contrôle, allument et éteignent la chaudière automatiquement en fonction de la l'écart de température entre la température ambiante et la température optimale pour le développement des cultures. Afin de réduire le nombre d'allumage et d'extinction de la chaudière et en prolonger ainsi la vie utile, on fixe un intervalle de plusieurs degrés au dessus et au-dessous de la température de contrôle.

On peut voir ci-après un schéma de distribution des équipements de l'installation dans la serre.



**Figure 26.** Schéma de distribution du serre.  
Source: CENER

### **Avancée technologique**

Ce type d'installation ne présente pas d'aspects technologiques particuliers car la combustion de biomasse en chaudière pour produire de l'eau chaude est une technologie mature. Toutefois, il faut souligner l'innovation que représente l'utilisation du chauffage de serres par la biomasse. Dans ce type de serres, où la demande de chaleur pour chauffage est élevée, une économie de chaleur peut être cruciale pour rendre l'économie économiquement viable. Le coût annuel en combustibles qu'implique l'utilisation des noyaux d'olives dans ce cas par rapport au gasoil représente une importante économie de coûts de production de tomate.

## 2.8. Microalgues (Gaiker)

### Nom de l'installation

Photo-bioréacteur pilote type air-lift (a-PBR)

### Promoteur

Conçu par EDER Procesus Industriels, S.L. sous la surveillance de GAIKER-IK4

### Localisation

Zamudio (Biscaye)

### Date de mise en service

Septembre 2010

### Objet/Finalité de l'installation

Utilisation dans le cadre de projets de R+D+i pour la production de micro algues à l'échelle d'une usine-laboratoire pilote

### Principales caractéristiques de l'installation

Il s'agit d'une installation pilote, consacrée à la recherche, d'une capacité de culture de 183l.

Culture de micro algues, par exemple, *Nannochloropsis gaditana*, présentant une taille de cellule comprise entre 2 et 10  $\mu\text{m}$  /densité estimée: 0,6 à 1g/L

Les produits finaux qui peuvent être obtenus à partir de cette usine pilote sont du biocombustible, du biodiesel et d'autres composés à valeur ajoutée.

L'investissement pour la construction de cette usine pilote s'élève à 50.000 €.

L'a-PBR airlift est constitué d'un ensemble de conduites en polyméthacrylate et accessoires, principalement en PVC, d'une longueur d'environ 25 mètres.

La force d'impulsion pour le mouvement du fluide est produite par la différence de densité du fluide contenu dans les deux branches de conduites verticales qui constituent le système air-lift. Pour que la différence de densité se développe, il est nécessaire d'introduire de l'air dans l'une des branches, de sorte que le volume partiel de la conduite ascendante occupé par l'air justifie la diminution de la densité apparente du contenu de cette branche, par rapport à la conduite parallèle, dans laquelle le flux est descendant et il n'y a pas de gaz occlus.

Outre le gaz antérieur, le gaz  $\text{CO}_2$  est dosé au début du système de conduites horizontales.

L'a-PBR est illuminé par une série de lampes fluorescentes, de type daylight, qui fournissent une intensité lumineuse tout au long du parcours de la culture dans les tubes.



Figure 27. Vue générale de l'installation.

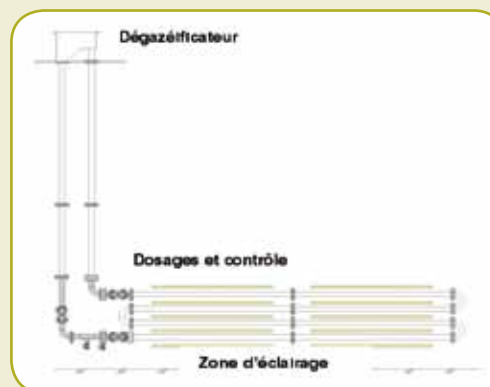


Figure 28. Schéma de l'installation.

Source: Gaiker

L'unité comporte un contrôle du pH du liquide recirculant. Le système est doté de deux pompes péristaltiques capables de doser divers nutriments dans le fluide.

Un appareil de mesure de niveau dans le dégazificateur permet de procéder à un rechargement en fluide au moyen d'une autre pompe péristaltique installée expressément à cet usage.

---

### **Avance technologique**

Le système air-lift permet le flux continu d'une culture en supprimant le coût énergétique associé à une pompe de recirculation, simplement avec un flux continu de gaz comprimé dans l'une des branches (rinsers) du système. Ce système, bien que n'étant pas novateur puisqu'il est cité dans la bibliographie, représente toutefois un défi dans son application à différentes espèces de micro algues, de différentes morphologies, de la taille des cellules et de la densité de culture.

## 2.9. Application Industrielle (Séchage de matière première – Agralco)

### Nom de l'installation

Chaudière pour la production de vapeur et four de séchage utilisant la biomasse comme combustible unique.

### Promoteur

Agralco S. Coop. Ltda., gestionnaire de Sous-produits de la vinification

### Localisation

Estella (Navarra)

### Date de mise en service

Agralco S. Coop. Ltda consomme de la biomasse dans sa chaudière à vapeur et dans son four de séchage depuis 1984, date à laquelle sont entrés en service le four et la chaudière actuelle

### Objet de l'installation

Exploitation énergétique de biomasse (marc sec) par rapport à l'utilisation de combustibles fossiles.

### Description générale de l'infrastructure

Agralco S. Coop. Ltd est une entreprise consacrée au traitement des sous-produits de la vinification (marc et lies). Le volume actuel de matière première, obtenu à partir du processus d'élaboration du vin, provient de 400 caves d'Alava, de Rioja et de Navarre et s'élève à un total de plus e 72.000 tonnes.

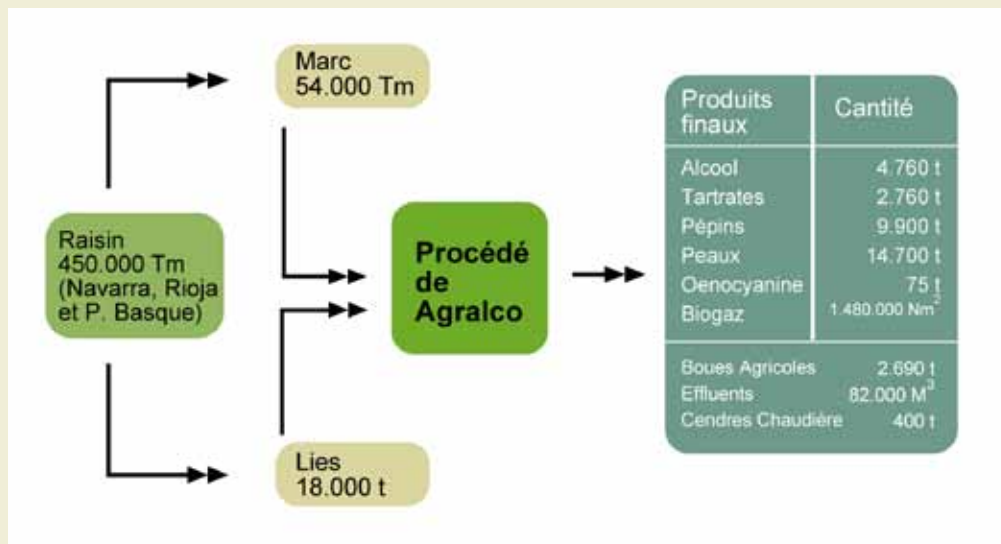


Figure 29. Bilan de produits.

Source: Agralco

Les marcs reçus par la distillerie sont constitués de la peau et des pépins de raisin obtenus après le processus de vinification. Les lies sont obtenues dans la procédure de clarification des vins et sont séparées des vins par décantation et soutirage.

Les marcs sont lavés pour obtenir une solution qui contient l'alcool et les sels tartriques. Cette solution et les lies sont soumises à une distillation pour en extraire l'alcool puis elles sont ensuite centrifugées et séchées pour en extraire le tartrate.

Les marcs ainsi lavés sont séchés et l'on en extrait les pépins de raisin. Le reste est utilisé comme combustible dans l'usine même de l'entreprise. Les déchets finaux du processus de production sont soumis à épuration (phase anaérobie et aérobie) dont on obtient le biogaz qui est également utilisé comme combustible de l'usine elle-même.

Les produits obtenus par le procédé Agralco sont les suivants ; alcools, tartrates, pépins de raisin et œnocyamine. Les peaux sont utilisées comme combustible dans la chaudière et dans le four à biomasse et le biogaz provenant de la station d'épuration est utilisé pour l'obtention d'électricité dans des moteurs de cogénération au sein même de l'usine.

Cette fiche présente la description concrète et détaillée de l'exploitation du marc déjà sec en tant que combustible dans des équipements de la propre installation tels que la chaudière de génération de vapeur de traitement et le four de séchage.

### Principales caractéristiques

Il s'agit d'une installation industrielle. Le marc sec est récupéré comme combustible pour la production de vapeur de traitement et de séchage du marc lui-même. Les équipements sont les suivants.

1) Chaudière à biomasse pour produire de la vapeur avec les caractéristiques suivante:

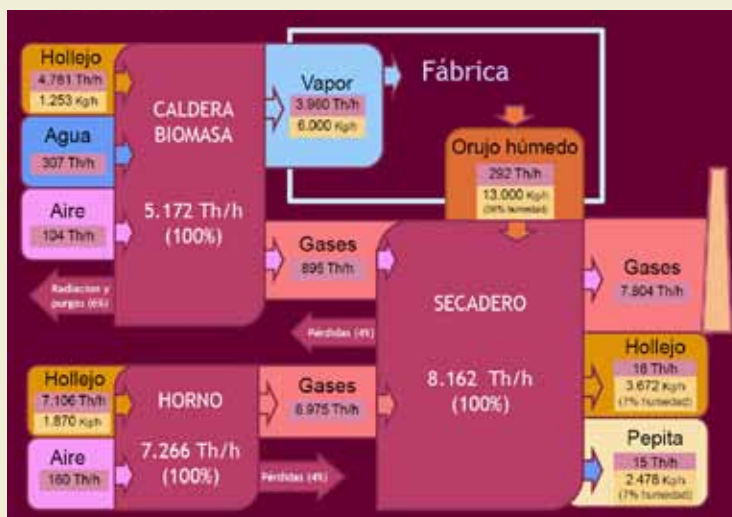
Chaudière pour marc sec	Caractéristiques
Type	Fixe aquoatubulaire
Marque-Modèle	GAIKO ERK AC 1000/32
Puissance	6.370.512 kcal/h = 7,4 MW
Température maximale de service	190,7°C

2) Four-séchoir de marc avec les caractéristiques suivantes:

Four séchoir	Caractéristiques
Type	Grille fixe
Marque-Modèle	Personnel
Puissance	9.297.504 kcal/h = 10,8 MW
Temp. sortie des gaz de séchage	700°C

Ci-après figure la description du diagramme de traitement sur lequel figurent les deux points de consommation de la biomasse (chaudière et four) et la manière dont les gaz de combustion des deux installations sont exploités pour sécher le marc humide provenant du lavage de celui-ci.

Les gaz sont émis dans l'atmosphère par le biais d'un unique foyer émetteur doté de trois cyclones et d'un filtre électrostatique par voie humide.



(Hollejo/ Peaux; Vapor/vapeur; Agua / eau; Fábrica/ usine; Caldera / chaudière; Horno /Four; Horno /Four; Secadero / Séchoir)

**Figure 30.** Exploitation énergétique de la biomasse en chaudière et en four de séchage.  
Source: Agralco

Agralco S. Coop. Ltda connaît bien les problèmes liés à ce type de combustibles et souligne divers aspects qui doivent être pris en compte :

- Le **choix du type de brûleur** a une importance vitale et il est généralement nécessaire **d'adapter les équipements et les procédés** qui ne sont pas conçu pour des combustibles spécifiques (il existe des différences importantes entre le fait de brûler du marc sec, des pellets, des reste de taille ou e la paille de céréale, par exemple).
- Les **caractéristiques des combustibles sont très variables** (humidité, pouvoir calorifique et impuretés car il ne s'agit pas de combustibles standardisés)
- En raison de leur comportement et de leur composition, ces combustibles peuvent provoquer des **dysfonctionnements et des problèmes dans les foyers** de combustion auxquels il est nécessaire d'apporter un remède.

## 2.10. Application Industrielle (Groupe ONA)

### Nom de l'installation

Installation de séchage et de traitement thermique phytosanitaire de bois et d'emballages.

### Promoteur

L'entreprise Embalajes Ona, S.L. a été Leader d'un projet R+D+i qui a été mené à bien au cours de l'année 2008 pour la réalisation de cette installation.

### Localisation

L'entreprise est située sur la Route Nationale 232 au Km 363,3 de Calahorra (La Rioja)

### Date de mise en service

Le montage de l'installation a débuté en juillet 2008 et, après un travail ardu de mise au point, elle a commencé à travailler dans d'excellentes conditions en août 2009.



Figure 31. Vue de la chambre de traitement.  
Source: ONA

### Objectif de l'installation

L'objectif de cette installation est la réalisation d'un Traitement thermique conforme à la norme NIMF N° 15 que doivent remplir les emballages en bois utilisés dans le commerce avec des pays tiers et la procédure administrative d'autorisation. En outre, l'excès de chaleur produit pendant ce processus est utilisé pour le confort thermique du bureau et du reste des installations.

### Description générale de l'infrastructure

Embalajes Ona se consacre à la fabrication de conditionnements et d'emballages en bois présentant des caractéristiques et des mesures spéciales pour l'exportation. Pour le traitement du bois, on a opté pour une installation dont la source d'énergie est la biomasse.

### Principales caractéristiques de l'installation

La chaudière à biomasse possède une puissance calorifique nominale de 150.000 Kcal/h et un flux d'air total de 79.600 m<sup>3</sup>/h pour une production d'eau chaude inférieure à 110°C. La matière première pour obtenir de la biomasse peut se présenter sous les formes suivantes :

A la scierie, lorsque l'on coupe les troncs, on génère des coupes latérales de bois, des découpes de tailles, de la sciure...

- Récolte de branches de pin, de peuplier ...
- En reprenant chez nos clients, les emballages, les vieilles palettes qu'ils jettent parce qu'ils sont détériorés ou cassés. Et inversement, nos clients nous livrent dans nos installations ces emballages (nous sommes gestionnaires de déchets).
- Par la réception de camions de vieux emballages venant d'entreprises qui se consacrent à la Gestion des Déchets.

La consommation de biomasse varie en fonction de nombreux facteurs, parmi lesquels il convient de souligner : la quantité de traitements thermiques réalisés, la quantité de bois placée dans la chambre de traitement, le degré d'humidité de la biomasse (plus le degré d'humidité est bas, moins l'on dépense de combustible).

L'investissement réalisé a été supérieur à trois cent cinquante mille euros. Les équipements qui composent l'installation sont:

- Chambre de Traitement Thermique Phytosanitaire
- Chaudière à biomasse
- Broyeur de bois
- Tapis de transport
- Silos d'alimentation/stockage



Figure 32. Diagramme de fonctionnement de l'installation.

Source: ONA

L'opération débute à réception des déchets dans nos installations (qu'ils soient récupérés par nos propres transporteurs, par un gestionnaire de déchets externe ou qu'il s'agisse des déchets de bois que nous avons nous-mêmes générés), ils sont triés en vue de leur broyage ultérieur. De cette manière, nous obtenons notre biomasse/éclats de bois qui servira/serviront de combustible pour notre chaudière ou pour la vente à des tiers (en cas d'excédent).

La chaudière à biomasse chauffe la Chambre de Traitement Phytosanitaire au moyen d'un système de conduites qui transportent de l'eau chaude en circuit fermé et, dans la chambre, une série de ventilateurs réussissent à réaliser le procédé thermique (qui consiste à introduire trois sondes de températures au cœur du bois et à maintenir ce cœur à 56°C pendant 30 minutes). Une fois le Traitement du bois effectué, la chaudière maintient la température et cette chaleur résiduelle produite en cours de procédé est utilisée pour chauffer le bâtiment de fabrication d'emballages et le bureau de l'entreprise. Cette chaudière est ainsi, en outre, la responsable du Confort thermique de notre entreprise.

L'enregistrement de ce traitement est stocké dans un système informatique qui sert à contrôler et à vérifier que ce procédé a été achevé avec succès. En outre, nous remplissons un Livre d'enregistrement de Traitements qui sont obligatoirement révisés chaque année.

### Avancée technologique

L'Avancée technologique la plus importante est la réalisation d'un processus de production de fabrication d'emballages en bois avec « DÉCHETS O ». On exploite les déchets de bois grâce à son évaluation énergétique: forestiers, agricoles, emballages/palettes n, on consignées, autres restes de bois.

# **3. Références et Contacts Intéressants**

### 3.1. Bibliographie

1. Bioenergy a Sustainable and Reliable Energy Source. A review of Status and prospects. IEA BIOENERGY, 2009. [www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=6479](http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=6479)
2. Energy technology Essentials. Biomass for Power Generation and CHP. IEA BIOENERGY January 2007. [www.iea.org/techno/essentials3.pdf](http://www.iea.org/techno/essentials3.pdf)
3. Directive 2009/28/CE sur les Energies Renouvelables (DER), Commission européenne, 2009. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:en:PDF>
4. Biomass Action Plan, European Commission, 2005. [http://ec.europa.eu/energy/res/biomass\\_action\\_plan/doc/2005\\_12\\_07\\_comm\\_biomass\\_action\\_plan\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/res/biomass_action_plan/doc/2005_12_07_comm_biomass_action_plan_en.pdf)
5. Potential Contribution of Bioenergy to the World's Future Energy Demand. IEA BIOENERGY, 2007. [www.ieabioenergy.com/MediaItem.aspx?id=5586](http://www.ieabioenergy.com/MediaItem.aspx?id=5586)
6. Update on implementation agendas 2009. A review of key biofuel producing countries. Report T39-PR1. IEA Bioenergy Task 39, 2009. [http://biofuelstp.eu/downloads/A\\_RS\\_38\\_Biofuel\\_Implementation\\_2009.pdf](http://biofuelstp.eu/downloads/A_RS_38_Biofuel_Implementation_2009.pdf)
7. Commercializing 2nd-generation liquid biofuels from biomass. Progress and Challenges in R&D. Mabee, W. and Sadler, J. IEA Bioenergy Task 39, 2009.
8. EN 14961-1:2010. Biocombustibles solides- Spécifications et catégories de biocombustibles. AENOR. 2010.
9. Plan d'Action National d'Énergies Renouvelables d'Espagne (PANER) 2011-2020, IDEA, 2010. [www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos\\_20100630\\_PANER\\_Espana\\_version\\_final\\_\[1\]\\_cdb842de.pdf](http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_20100630_PANER_Espana_version_final_[1]_cdb842de.pdf)
10. Énergie de la biomasse. Manuel d'Énergies Renouvelables. IDAE. 2007. [www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos\\_10374\\_Energia\\_de\\_la\\_biomasa\\_07\\_b954457c.pdf](http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_10374_Energia_de_la_biomasa_07_b954457c.pdf)
11. Production Technology of forest chips in Finland. Proyecto Bio-South. VTT. 2005. [www.bio-south.com/pdf/ForestRes\\_Prod.pdf](http://www.bio-south.com/pdf/ForestRes_Prod.pdf)
12. Le rôle de la biomasse forestière primaire dans le nouveau PER 2011-2020. ASEMFO. [www.asemfo.org/empresas/asemfo/PER%202011-2020%20web.pdf](http://www.asemfo.org/empresas/asemfo/PER%202011-2020%20web.pdf)

13. DÉCRET ROYAL 661/2007 portant réglementation de l'activité de production d'énergie électrique en régime spécial, BOE, 2007. [www.boe.es/boe/dias/2007/05/26/pdfs/A22846-22886.pdf](http://www.boe.es/boe/dias/2007/05/26/pdfs/A22846-22886.pdf)
14. Report on sustainability requirements for the use of solid and gaseous biomass sources in electricity, heating and cooling. JRC. European Commission, 2010. [http://ec.europa.eu/energy/renewables/transparency\\_platform/doc/2010\\_report/com\\_2010\\_0011\\_3\\_report.pdf](http://ec.europa.eu/energy/renewables/transparency_platform/doc/2010_report/com_2010_0011_3_report.pdf)
15. Biomasse. Chauffage durable pour bâtiments publics. IDAE. 2002. [www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/11212.pdf](http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/11212.pdf)
16. Investing in the Development of Low Carbon Technologies (SET-Plan). A TECHNOLOGY ROADMAP. European Commission, 2009. [http://ec.europa.eu/energy/technology/set\\_plan/doc/2009\\_comm\\_investing\\_development\\_low\\_carbon\\_technologies\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/technology/set_plan/doc/2009_comm_investing_development_low_carbon_technologies_en.pdf)
17. Sustainable production of second-generation biofuels. Potential and perspectives in major economies and developing countries. IEA BIOENERGY, 2010. [www.iea.org/papers/2010/second\\_generation\\_biofuels.pdf](http://www.iea.org/papers/2010/second_generation_biofuels.pdf)
18. Plan d'Action National d'Énergies Renouvelables d'Espagne . Commission européenne. 2010. [http://ec.europa.eu/energy/renewables/transparency\\_platform/doc/national\\_renewable\\_energy\\_action\\_plan\\_spain\\_es.pdf](http://ec.europa.eu/energy/renewables/transparency_platform/doc/national_renewable_energy_action_plan_spain_es.pdf)
19. Plan d'Action National d'Énergies Renouvelables de France . Commission européenne. 2010 [http://ec.europa.eu/energy/renewables/transparency\\_platform/doc/national\\_renewable\\_energy\\_action\\_plan\\_france\\_fr.pdf](http://ec.europa.eu/energy/renewables/transparency_platform/doc/national_renewable_energy_action_plan_france_fr.pdf)

## 3.2. Liens

### Espagne

- IDAE, Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía: [www.idae.es/](http://www.idae.es/)
- BIOPLAT, Plataforma Tecnológica Española de la Biomasa: [www.bioplat.org/](http://www.bioplat.org/)
- EVE, Ente Vaso de la Energía : [www.eve.es](http://www.eve.es)
- ASERMA, Asociación Española de Recuperadores de madera: [www.aserma.org/](http://www.aserma.org/)
- AVEBIOM, Asociación para la valorización Energética de la Biomasa: [www.avebiom.org/](http://www.avebiom.org/)
- CONFEMADERA, Confederación Española de Empresarios de la Madera: [www.confemadera.com](http://www.confemadera.com)
- APPA, Asociación de productores de Energías Renovables: [www.appa.es](http://www.appa.es)
- CENER, Centro Nacional de Energías Renovables: [www.cener.com](http://www.cener.com)

### France

- ADEME, Agence pour la gestion de l'Environnement et l'Énergie: [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)
- Ministère de l'Environnement et le Développement durable: [www.ecologie.gouv.fr](http://www.ecologie.gouv.fr)
- Ministère de l'agriculture: [www.agriculture.gouv.fr](http://www.agriculture.gouv.fr)
- ENR, Syndicats français des Énergies renouvelables: [www.enr.fr](http://www.enr.fr)
- INERIS, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques: [www.ineris.fr](http://www.ineris.fr)
- CITEPA, Centre technologique français sur la pollution atmosphérique: [www.citepa.org](http://www.citepa.org)
- ITEBE, Institut de Bioénergie: [www.itebe.org](http://www.itebe.org)
- Qualité des bois de chauffage en France: [www.Nfboisdechauffage.org](http://www.Nfboisdechauffage.org)
- Information sur les fournisseurs d'équipements de chauffage à biomasse : [www.flammeverte.com](http://www.flammeverte.com)

### Projets internationaux:

- Bio-south: [www.bio-south.com](http://www.bio-south.com)
- Biohousing: [www.biohousing.eu.com](http://www.biohousing.eu.com)
- Quality-Wood: [www.eufirewood.info](http://www.eufirewood.info)
- BioClus: [www.bioclus.eu](http://www.bioclus.eu)
- BioNorm: [www.bionorm2.eu](http://www.bionorm2.eu)
- On-cultivos: [www.oncultivos.es](http://www.oncultivos.es)



