



ETUDE N° 08-0231/1A

SYNTHESE / EXTENDED ABSTRACT
FRANÇAIS / ENGLISH

**VALORISATION ENERGETIQUE DES DECHETS
DE BIOMASSE D'ORIGINE VEGETALE**

**RESIDUAL BIOMASS RESOURCES
FOR ENERGY PRODUCTION**

juin 2010

G. PREVOT - ENVALYS



Créée en 1989 à l'initiative du Ministère en charge de l'Environnement, l'association RECORD – REseau COopératif de Recherche sur les Déchets – est le fruit d'une triple coopération entre industriels, pouvoirs publics et chercheurs. L'objectif principal de RECORD est le financement et la réalisation d'études et de recherches dans le domaine des déchets et des pollutions industrielles. Les membres de ce réseau (groupes industriels et organismes publics) définissent collégalement des programmes d'études et de recherche adaptés à leurs besoins. Ces programmes sont ensuite confiés à des laboratoires publics ou privés.

- ✓ En Bibliographie, le document dont est issue cette synthèse sera cité sous la référence :
RECORD, Valorisation énergétique des déchets de biomasse d'origine végétale, 2010, 123 p, n°08-0231/1A.
- ✓ Ces travaux ont reçu le soutien de l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie)
www.ademe.fr

Contexte de l'étude

Les déchets d'origine végétale constituent l'une des ressources principales d'énergie primaire renouvelable. De nombreuses études ont cherché à mesurer les quantités disponibles. Mais les conditions d'accès aux différents types de déchets sont très variables. Donc cette ressource n'est mobilisable dans des conditions économiques acceptables que si des stratégies d'approvisionnement adaptées à chaque segment de marché sont mises en œuvre.

Les techniques de production d'énergie à partir de ces déchets devront être choisies en fonction des caractéristiques intrinsèques de la matière mais aussi en fonction des quantités disponibles, des possibilités de mettre sur pied des filières d'approvisionnement adaptées et des types de demandes en énergie.

L'envergure du sujet est considérable car il fait appel à des compétences dispersées dans des activités différentes (forestiers, agriculteurs, industrie du bois, industrie agroalimentaire, valorisation de déchet, etc.) et des métiers différents (marketing amont de matière première et de produits industriels, conception et exploitation de systèmes logistiques, conception et exploitation d'unités de production d'énergie).

Objectif et plan de l'étude

Ce document couvre l'ensemble de cette problématique depuis la génération du produit jusqu'à la production d'énergie, sauf la production de carburants. Il est constitué de 2 parties. La première récapitule les disponibilités en déchets d'origine végétale en France, en plaçant la notion de déchet dans son contexte économique et réglementaire et en identifiant les principales conditions de mise à disposition de ces ressources (dont la majeure partie n'est pas un déchet fatal, inutilisé, dont on chercherait à se débarrasser). La deuxième partie résume les conditions d'utilisation de 5 technologies principales de production d'énergie. Les contraintes logistiques de mise à disposition des différentes ressources et des procédés intermédiaires de préparation pour mieux les adapter aux technologies sont sommairement décrites.

L'objectif a été le repérage des principaux enjeux dans tous les domaines couverts, sans majorer l'un au détriment d'un autre, pour éviter de reproduire les cas trop fréquents d'installations qui ne répondent pas aux objectifs environnementaux et économiques recherchés parce que l'importance d'un paramètre du système dont elles font partie a échappé aux concepteurs du système.

Principaux résultats obtenus

1. La disponibilité en déchets d'origine végétale

Elle est récapitulée dans les tableaux 1 à 3 suivants.

Gisement	kt /an	Facteurs clés de disponibilité
Déchets de l'industrie du bois	70	Les contraintes réglementaires sont fortes. La totalité de ce volume peut être considéré comme objectif réaliste si des procédés performants de traitement peuvent être mis en œuvre.
Traverses de chemin de fer ; poteaux	100	
Palettes de manutention souillées	2 400	Une partie collectée avec les déchets industriels dangereux ; l'autre très peu collectée dans les déchets de chantier
Bois traités dans les déchets de chantier		Application de la réglementation en particulier sur le tri, organisation d'une filière (transport, tri) ; un objectif de récupération de 40 % est envisageable
Total	2 570	

Tableau 1 : potentiel de collecte de déchets dangereux pour l'énergie

Gisement	kt /an	Facteurs clés de disponibilité
Déchets de l'industrie du bois	1 000	Gisement en valorisation matière et énergie avec des capacités de paiement de ces déchets équivalentes
Palettes traitées	1 000	Une partie collectée avec les déchets dangereux ; l'autre très peu collectée dans les déchets de chantier
Bois non traités et non souillés dans les déchets de chantier		Application de la réglementation en particulier sur le tri, organisation d'une filière (transport, tri) ; un objectif de récupération de 40 % est envisageable
Emballage papiers cartons	0	Actuellement très bien collecté ; recyclage matière essentiellement
Emballage bois		Essentiellement palettes (voir ci-dessus)
Produit du TMB		Très peu répandu en France ; difficulté de différencier les déchets végétaux des autres déchets organiques
Total	2 000	

Tableau 2 : potentiels de déchets d'origine végétale non dangereux pour une valorisation énergétique

Gisement		kt /an	Facteurs clés de disponibilité
Paille, après retour au sol à un niveau controversé (2/3 sur sol fragiles, 0 % ailleurs), inférieur à la pratique actuelle et après prélèvement pour usages actuels		2 800	Valeur uniquement indicative ; très forte disparité entre régions : une analyse détaillée par régions est indispensable pour trouver la place d'un projet. Plusieurs projets envisageables en France.
Cannes de maïs	Prélèvement 30 % du gisement	3 800	Pas d'utilisations concurrentes ; la pratique actuelle (le brulage ou le retour à la terre) est peu recommandée
	Prélèvement 80 % du gisement	10 000	
Cannes d'oléagineux ; prélèvement 50 % du gisement		3 200	
Sarments de vigne ; gisement total		1 600	Mise au point d'un système de collecte efficace
Produits de la sylviculture : volume supplémentaire exploitable		17 000	Ces produits ne sont pas considérés comme déchets ; ce sont des coproduits ; leur mise à disposition suppose le développement des autres produits ; le coût de la collecte est très variable en fonction des massifs forestiers ; le pouvoir de concurrence de l'énergie est très fort
Déchets humides de l'industrie du bois	Production actuelle	9 400	Gisement majoritairement utilisé en valorisation matière ; une petite partie pour l'énergie (écorces) ; concurrence de plus en plus forte de l'énergie grâce à sa capacité de paiement égale ou supérieure aux recyclages matière.
	Potentielle	4 000	Dépend du développement de l'industrie du bois : potentiel actuellement très théorique
Déchets secs de l'industrie du bois		2 000	Actuellement utilisé pour l'énergie en interne et en recyclage matière ; concurrence de plus en plus forte de l'énergie grâce à sa capacité de paiement égale ou supérieure aux recyclages matière.
Déchets de l'industrie du grain : gisement total		19 000	Complètement utilisé, essentiellement pour la nourriture animale. Le prix acceptable par l'énergie devrait s'approcher du prix actuel de ces produits pour pouvoir en prendre une partie
Déchets de l'industrie du sucre : gisement total de matière sèche		1 500	Complètement utilisé, essentiellement en alimentation animale ; prix très variable. Petite part pour l'énergie (granulés)
Déchets de la vinification		900	Potentiel intéressant pour l'énergie en substitution du compostage actuel
Drèches issues de production de biocarburant		700	Nouveau gisement; très concentré sur quelques sites industriels
Tontes, élagages, feuilles	Gisement total	10 000	L'organisation de la collecte pourrait augmenter sensiblement le volume disponible ; mais le coût est élevé et difficilement acceptable ; usage actuel : compost
	Objectif de collecte	4 000	
Total		90 000	

Tableau 3 : Les déchets d'origine végétale non contaminés assimilables à un sous-produit combustible

2. Les critères de caractérisation de la biomasse au regard des technologies de valorisation énergétique

La réglementation qualifie la ressource :

- Du point de vue des processus amont, soit en déchet, soit en sous-produit, avec des possibilités de passage de la première catégorie vers la seconde ce qui élimine des contraintes spécifiques à la gestion des flux de déchets (transport, traçabilité).
- La réglementation des Installations Classées détermine 4 catégories d'installations qui peuvent les transformer suivant qu'ils sont considérés comme : déchets (dangereux ou non dangereux), sous produits, ou combustibles. La démonstration peut-être faite au cas par cas de la meilleure affectation d'une ressource à une catégorie.
- Du point de vue économique elle détermine les conditions d'application de prix de rachat de l'électricité et de la chaleur qui ont des conséquences décisives sur la rentabilité des investissements.

Les caractéristiques intrinsèques des déchets. Elles doivent être prises en compte dès la conception du système car elles déterminent les concepts techniques des installations et leur flexibilité au regard des déchets acceptés. Les plus importantes sont le degré de contamination par des produits dangereux, l'humidité, la composition chimique de la biomasse brute et en particulier la teneur en cendres, la concentration en azote et en halogènes.

Le volume de livraison annuelle espéré ; plusieurs aménagement du système permettent de limiter le risque sur ce facteur : stockages importants, répartis le long de la filière d'approvisionnement, flexibilité de l'installation pour élargir la gamme des déchets acceptables, augmentation de la distance de transport, planification d'opérations intermédiaires de préparation des déchets.

Les conditions de la collecte et la forme physique du déchet expliquent des différences significatives de cout de déchet et justifient une segmentation fine des produits pour cibler les ressources les plus favorables et structurer le réseau d'approvisionnement.

3. Les critères de conception des systèmes de valorisation énergétique de la biomasse

Les limites du système industriel, en incluant en amont les activités qui font l'offre de déchets et en aval les utilisateurs de l'énergie. Six technologies de production d'énergie, constitutives du système, sont passées en revue :

- Les grandes unités de production d'électricité (supérieure à 100 MWe) en co-combustion avec des combustibles fossiles
- Les unités petites et moyennes de cogénération (autour de 20 MW électrique)
- Les unités de production de chaleur pour les communes
- La gazéification
- La méthanisation

Leurs domaines d'application en termes de caractéristiques de déchets acceptés se superposent partiellement. Elles se distinguent par leur rendement en énergie électrique. En amont de ces installations le système comprend des opérations de collecte, séchage, broyage, stockage, transport. Deux opérations spécifiques sont envisagées : la pyrolyse et la torréfaction qui ont pour but de préparer un combustible adapté et de limiter les couts de transport.

La taille des installations en fonction des ressources disponibles et des caractéristiques de la demande en énergie à satisfaire. L'effet de la taille sur le cout de production de l'énergie (hors prix du combustible en amont) est important.

La flexibilité des installations au regard de la variabilité des caractéristiques des déchets disponibles dans des conditions économiques acceptables. La rentabilité du supplément d'investissement correspondant doit être déterminée à partir de données fiables sur la ressource.

La maturité des techniques. La combustion et l'incinération sont très bien référencées et les risques techniques sont très faibles. Des améliorations des procédés sont cependant probables ; elles apporteront une augmentation du rendement électrique et une diminution des émissions. La méthanisation et la gazéification sont moins courantes. Des améliorations sont attendues pour mieux contrôler les procédés, adapter la conception des unités aux caractéristiques des déchets et purifier le gaz (biogaz et syngas) avant transformation en énergie.

MOTS CLES :

Biomasse, déchets, valorisation énergétique

BACKGROUND

Residual biomass resources represent one of the main parts of the primary renewable energy. A lot of studies aim at the quantification of the production of this material. But the conditions of its availability for energy differ very much from one type to another. Therefore an assessment of the available resource needs to identify conditions of the supply chain management strategies for each market segment.

The technologies for converting residual biomass into energy must adapted to the characteristics of the raw material but also to the available quantities and to the energy demand.

The scope of this subject is very wide. To address it a variety of competencies are needed : supply chain management, marketing of industrial products, design and operation of industrial units for energy production, in different businesses (forestry, pulp and paper, wood products, food and agricultural production, waste management).

OBJECTIVE AND SCOPE OF THE STUDY

This report covers the whole problematic of energy production from biomass residues in France except the production of biofuels. It is made of two parts. The first one gives an overview of the availability of residual biomass resources, The concept of residue (or waste) is placed in its economical and regulatory context (the major part of the resource cannot be considered as waste without any further potential use). The conditions of availability of the resource for each market segment are identified. The second part describes the conditions for the use of 5 different conversion options of these residues into energy. The logistics constraints for the procurement of the fuel and the intermediate operations to prepare it are briefly summarised.

The objective was the identification of key issues in all relevant aspects, without giving too much emphasis to one of them at the expense of another one in order to avoid duplicating the frequent cases of facilities that do not meet environmental and economic targets because the designers of the system have not paid enough attention to a parameter of the system.

MAIN RESULTS

1. Availability of biomass residues

It is summarized in Tables 1 to 3 below

Sources	kt /an	Key parameters of availability
Waste from mechanical wood industry	70	The regulatory conditions are very stringent. The whole volume can be considered as a realistic objective provided that performing processes are used.
Railways sleepers and poles	100	
Pallets contaminated with hazardous materials	2 400	To be collected with hazardous industrial waste and waste in construction
Waste in construction contaminated by hazardous materials		Regulations should be enforced especially for sorting, Waste management system has to be implemented A recovery target of 40% appears to be achievable
Total	2 570	

Tableau 4 : Potential recovery of hazardous waste for energy production

Gisement	kt /an	Facteurs clés de disponibilité
Waste from mechanical wood industry	1 000	This resource is presently recycled and converted into energy. Both usages have about the same paying capacity.
Pallets	1 000	To be collected with hazardous industrial waste and waste in construction
Raw wood in construction waste		Regulations should be enforced especially for sorting, Waste management system has to be implemented A recovery target of 40% appears to be achievable
Cardboard and paper packaging	0	Already recycled ; energy production has no arguments to compete
Products of the mechanical and biological sorting		A few installations in France ; differentiation between waste from plants and other organic waste is hardly possible
Total	2 000	

Tableau 5 : Potential recovery of non hazardous waste for energy production

Sources		kt /an	Key factors of availability
Straw, after returning to the ground at a controversial rate (2/3 on fragile ground, 0% elsewhere), lower than the current practice and after collection for current use		2 800	Value only indicative; very large disparity between regions : a detailed analysis by regions is essential to find the place of a project. Several possible projects in France
Corn stalk	Collection of 30 % of the resource	3 800	No competing uses, the current practice (burning or return to the soil) is not recommended
	Collection of 80 % of the resource	10 000	
Stalk of oil producing plants ; collection of 50 % of the resource		3 200	
Grape prunings ; total resource		1 600	Implementation of an effective collection system
Forestry waste : additional available volume		17 000	These products are not considered as by-products; these volumes require logging and selling of other forest products; the cost of collection depends on forest conditions; the competing power of energy production is very strong and might impact other businesses which rely on this resource
Wet waste from mechanical wood industry	Present production	9 400	The major part is recycled ; a minor part (bark) is already converted into energy. The competition of energy production is becoming stronger because of its paying capacity increased by the tariff of electricity.
	Potential production	4 000	This assessment depends on the development of the mechanical wood industry. Presently very theoretical
Dry waste from mechanical wood industry		2 000	Currently used for energy production and recycling; the competition from energy is increasingly high energy due to its ability to pay more than the recycling material.
Waste from grain industry ; total resource		19 000	Completely used mainly for animal feed. The acceptable price by energy should approach the current price of these products in order to take part of it
Waste fro sugar industry ; total resource of dry material		1 500	Completely used mainly in animal feed; price varies. Small flow for energy (pellets)
Waste from wine and alcohol industry		900	Interesting potential as an alternative to the current use in composting
Waste from biofuels production		700	New resources ; very concentrated on a few big production sites
Grass, prunings, leaves	Total resource	10 000	The organization of the collection could significantly increase the flow for energy ; but its cost is high and probably above the acceptable price; current use: compost
	Realistic target	4 000	
Total		90 000	

Tableau 6 : Potential recovery of raw biomass residues for energy production

2. Criteria for the characterisation of biomass residues from the point of view of the conversion processes

The regulation describes the resource:

- From the point of view of the upstream production processes it is a waste or a by-product; a possible transfer from the first category to the second eliminates the specific constraints of the management of waste (transport, traceability).
- The regulation of Classified Installations determines 4 categories of facilities which may convert these materials into energy according to their denomination: waste (hazardous or nonhazardous), by-products or fuels. The demonstration can be made, on a case by case basis, of the best allocation of a specific material to one of these categories.
- From an economic perspective the regulations determine the tariff of electricity and the conditions for the sale of heat. It has dramatic consequences on the profitability of the investments.

The intrinsic characteristics of the waste. They must be taken into account when designing the system because they determine the technical concepts of the facilities and their flexibility in terms of accepted waste. The most important ones are: the level of contamination by hazardous materials, the moisture content, the chemical composition of the raw biomass, especially ash content, concentration of nitrogen and halogens.

The expected volume of annual delivery; several features of the management system can limit the risk of procurement failure : important storages distributed along the supply chain, flexibility of the plant to expand the range of acceptable waste, increase of the transportation distance, planning of intermediate operations to convert the waste into a fuel.

The physical form of the waste and the conditions for its collection ; it explains some rather big cost differences which might be noticed between different types of waste ; it warrants a fine segmentation of the waste to target the most favourable resources and structure the supply network accordingly.

3. Design criteria of the systems for the conversion of waste into energy

In this report it is only possible to pinpoint 4 items which are of paramount importance and which have not been always thoroughly addressed.

The boundaries of the industrial system must include the upstream activities which generate the waste and, downstream, the users of the energy. Five energy production technologies, which constitute the system are reviewed in the report. Their applications areas, in terms of accepted characteristics of waste partially overlap.

- Large electricity generating units (above 100 MWe) in co-firing with fossil fuels
- Small and medium size CHP plants (around 20 MW electric)
- Heat production units for municipalities
- Gasification
- Anaerobic digestion

Upstream of these installations, the system includes the following operations: collection, drying, shredding, storage, transportation. Two specific tasks are envisaged: pyrolysis and torrefaction are intended to prepare a suitable fuel and reduce transportation costs.

The size of the facilities ; it must be fit to the availability of the resources and to the characteristics of energy demand. The size effect on the cost of producing energy (excluding upstream fuel costs) is important and different for each technology.

Plant flexibility : It may be improved at the expense of the investment cost. Its profitability should be determined taking into account reliable data on the available resources in acceptable economic conditions.

The maturity of the different conversion options. Combustion and incineration are very well referenced and the technical risks are very low. However process improvements are likely to take place in a near future. They will provide increased power efficiency and lower emissions. Anaerobic digestion and gasification are less common. Improvements are expected in order to maintain a better control of the processes, to adapt the design of the units to the characteristics of waste and to purify the gas (biogas and syngas) before transformation into energy.

KEY WORDS :

Waste-to-energy

Residues

Biomass