

Mots clés :

- Bois énergie
- Coûts d'exploitation
- Déchiquetage
- Plaquettes

Déchiqueter des petits bois pour l'énergie : à quel prix ?

Dans le cadre du plan "Bois énergie et développement local", l'ADEME a demandé à l'AFOCEL et à Biomasse Normandie de mener une étude technico-économique sur la récolte en plaquettes de petits bois pour l'énergie. Ces travaux viennent d'aboutir à un guide pratique "**Chauffage collectif au bois : le déchiquetage de bois en forêt**" publié par ADEME Editions (réf. page 6).

Deux Fiches Informations-Forêt résument les principaux enseignements de cette étude et donnent un aperçu du contenu de ce guide pratique :

- la fiche n° 544 "Comment déchiqueter des petits bois pour l'énergie" présente les principales machines et techniques utilisables pour produire ces plaquettes,
- cette fiche n° 557 traite des aspects économiques : à quel prix peut-on récolter des plaquettes forestières ?

Bien que les systèmes de récolte en plaquettes soient mal connus des milieux forestiers français, ils sont techniquement au point et fonctionnent dans d'autres pays. Compte tenu de l'abondance de la ressource, ils pourraient être développés chez nous sans concurrencer les industries de la pâte et des panneaux.

Mais au plan économique, la plaquette d'origine forestière se trouve confrontée à la concurrence de divers déchets bon marché, dont les écorces et sciures, ainsi qu'aux autres énergies.

**ADEME**

Un ensemble de déchiquetage sur un porteur forestier

1. Quelle est la production des différents systèmes de déchetage ?

La productivité des bûcherons et des engins de débardage lors de l'exploitation de bois ronds varie beaucoup selon les types de chantier mais les ordres de grandeur sont connus et régulièrement publiés dans le "Mémento AFOCEL". On rappellera simplement qu'un porteur ou un débusqueur fonctionne fréquemment de 1500 à 1800 heures par an et produit de 8 000 à 15 000 m³/an. Des enquêtes régionales ont montré que des matériels agricoles équipés pour les travaux forestiers étaient beaucoup moins productifs et utilisés de façon moins intense que les engins spécifiques.

En déchetage, les productions enregistrées, en particulier à l'étranger, font apparaître la même tendance :

- **des systèmes lourds et puissants** tels que les machines automotrices de récolte ou de grosses déchiqueteuses sur camion produisent 50 000 à 60 000 map/an (soit 17 à 20 000 tonnes/an). Utilisés à plein temps et pilotés par un entrepreneur, ils peuvent fonctionner 2 000 heures/an. Leur productivité horaire se situe, en pratique, dans la fourchette 20 à 40 map/h (parfois plus pour les camions). Les constructeurs annoncent souvent des performances bien supérieures mais oublient d'indiquer qu'il s'agit de productions instantanées qu'il n'est pas possible de tenir sur longue durée.

- **des ensembles légers** de type tracteur agricole + déchiqueteuse + remorque sont destinés à une utilisation saisonnière, étant entendu que le tracteur sert à d'autres activités en dehors de cette époque. Un matériel simple peut ainsi fonctionner 200 h/an (environ 2 mois). Un ensemble plus coûteux peut assurer 500 h/an en 4 mois. La productivité de ce genre de machine est d'autant plus élevée que :

- le tracteur est puissant,
- la déchiqueteuse a une forte capacité,
- les bois traités sont gros et longs.

L'alimentation à la grue et le travail à poste fixe augmentent fortement les performances.

Les productivités enregistrées sont les suivantes :

- petite machine dans de petits bois de type rémanents avec alimentation manuelle par deux hommes : 3 à 6 map/h,
- machine moyenne alimentée par deux hommes : 5 à 10 map/h selon la taille des bois,
- machine de moyenne ou forte capacité alimentée à la grue : 8 à 20 map/h.

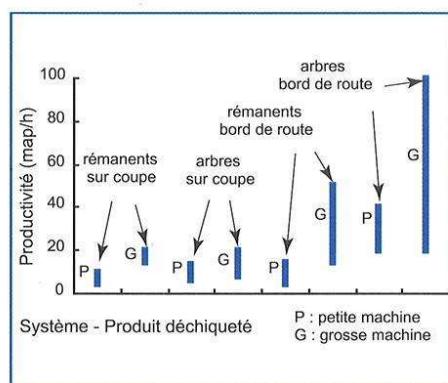
Sur ces bases, on voit que deux hommes, opérant 2 mois/an sur un système de petite capacité, sont capables d'approvisionner une chaufferie consommant 600 à 1 500 map/an. Cette solution est fréquente dans de petites structures telles que les Cuma ou les collectivités locales.

Des productions annuelles supérieures nécessitent des matériels plus professionnels et l'utilisation d'une grue. Celle-ci est d'ailleurs indispensable dès que l'on traite des perches entières qui pèsent fréquemment quelques dizaines de kg.

Dans ces conditions, un conducteur seul, opérant 500 h/an soit environ 4 mois, peut produire 3 000 à 5 000 map/an et même beaucoup plus s'il intervient dans des conditions favorables.

Le graphique 1 montre l'évolution de la productivité en fonction du système de récolte et du produit décheté. Celle-ci est d'autant plus élevée que le système est mécanisé et que l'on traite des arbres entiers plutôt que des rémanents.

Graphique 1
Productivité du déchetage selon les systèmes de récolte



Rappel : 1 map = 1 m³ apparent de plaquettes
≈ 1/3 tonne

2. Quels sont les coûts ?

■ LES INVESTISSEMENTS

Pour fixer les idées, voici le prix HT de quelques machines de déchetage ou d'éléments permettant de constituer un ensemble autour d'un tracteur agricole :

- grosse machine automotrice de récolte pouvant évoluer en tous terrains \approx 2 500 000 F (porteur 6x6, grue à grappin, grosse déchiqueteuse et son moteur auxiliaire, benne à plaquettes élévatrice),
- grosse machine de déchetage sur camion \approx 1 700 000 F
- tracteur agricole 4x4
 - 75 CH : 170 000 F
 - 120 CH : 250 à 300 000 F
- grue à grappin de 5 tonnes x mètres : 100 000 F
- remorque agraire basculante simple : 30 à 40 000 F
- petite remorque élévatrice 10 à 12 m³ : 40 à 60 000 F
- déchiqueteuse portée sur attelage trois points, entraînée par la prise de force du tracteur :
 - petite capacité ($\varnothing < 15$ cm) : 60 à 100 000 F
 - moyenne capacité ($15 < \varnothing < 20$ cm) : 100 à 150 000 F
 - forte capacité ($\varnothing > 20$ cm) : 150 à 300 000 F
- déchiqueteuse tractée : la plupart des modèles sont montés sur remorque routière et dotés d'un moteur thermique. A capacité égale, leur prix est quasiment doublé par rapport à celui d'une déchiqueteuse portée sur trois points.

■ LES COÛTS DE FONCTIONNEMENT

Exprimés en F HT, ce sont les frais variables liés à l'utilisation de la machine :

- le carburant (\approx 2 F HT/l de gazole) avec des consommations très élevées lors des opérations de déchetage : 15 l/heure sur un tracteur de 120 CH et jusqu'à 30 ou 40 l/h sur les gros engins,
- les lubrifiants et ingrédients dont l'huile hydraulique,
- les pièces nécessaires à l'entretien : filtres, joints, flexibles...,
- les réparations courantes et exceptionnelles,
- l'usure des pneus.

La déchiqueteuse proprement dite génère des frais :

- d'affûtage des couteaux (environ 150 à 300 F/jeu) selon une périodicité très variable en fonction de la dureté des bois, de la présence de terre... mais pouvant aller jusqu'à une fois tous les deux jours. Cela représente de 10 à 20 F/heure,
- d'échange des couteaux : il faut en permanence avoir trois jeux disponibles. Un couteau "moyen" coûte fréquemment 500 à 1 000 F,
- d'hydraulique et de mécanique.

Les coûts de fonctionnement : quelques exemples courants (F HT/heure machine)

Tracteur	75 CH - 4x4	30 à 35 F/h
	120 CH - 4x4 avec grue	60 à 65 F/h
Déchiqueteuse portée	petite	20 F/h
	moyenne	30 F/h
	grosse	30 à 50 F/h
Remorque		< 5 F/h
Machine de déchetage automotrice		350 F/h

L'investissement : deux exemples de type agricole (kF HT)

Petite capacité	
tracteur 4x4 75 CH	170 kF
petite déchiqueteuse	95 kF
petite remorque agraire	35 kF
Total	300 kF

Capacité moyenne	
tracteur 4x4 120 CH	280 kF
déchiqueteuse moyenne	120 kF
grue à grappin	100 kF
remorque élévatrice	50 kF
Total	550 kF

Ces matériels s'amortissent sur cinq ans s'ils fonctionnent à temps plein et sur 7 ans, voire 10 ans, s'ils sont utilisés périodiquement. Dans ce dernier cas, les tracteurs doivent être employés et amortis sur d'autres activités. Sinon, ils généreraient des frais fixes exorbitants.

■ LES FRAIS DE PERSONNEL

Dans le secteur forestier, les charges sociales à ajouter au salaire brut sont actuellement de l'ordre de 60 %. Les personnels y atteignent les coûts suivants, charges comprises :

	F/an	F/h (1) ouvrier	F/h (2) machine
Ouvrier (base SMIC soit 6600 F brut/mois)	120 000	68	80
Cond. d'engins qualifié (base 9000 F brut/mois)	175 000	100	115

(1) pour 1 764 heures/an d'ouvrier

(2) pour 1 500 heures de machine/an

■ LES COÛTS DE PRODUCTION

Le tableau page 5 récapitule les chiffres clés pour 8 systèmes de déchiquetage typiques, de plus en plus mécanisés, et conduit au coût de l'énergie bois à l'entrée d'une chaufferie. Les coûts annoncés :

- **n'incluent pas le prix du bois sur pied.** En effet, comme on peut le constater à la lecture de la fiche n° 544, l'essentiel de la ressource disponible n'est pas sous forme de bois marchand mais de petites tiges, branches, cimes et houppiers. Ces bois ont **une valeur très faible, voire négative** : certaines régions subventionnent les éclaircies résineuses déficitaires, l'élimination des branchages élagués au bord d'une route à un coût, le dépressage également...
- comprennent le coût de l'abattage pour les systèmes lourds ⑥ à ⑧. Ils ne l'intègrent pas pour les systèmes ① à ⑤ car il est actuellement supporté par les produits marchands issus du chantier,
- comportent l'intégralité des coûts de déchiquetage, y compris les frais généraux, mais pas de marge commerciale.

Dans les paragraphes qui suivent, on raisonne donc **en prix de revient de la calorie bois** et non pas en prix de vente. Tous les prix sont HT.

● **Le coût horaire de la machine de déchiquetage En francs HT par heure de machine**, il a été calculé selon les hypothèses des paragraphes précédents et comprend :

- les frais fixes : amortissement, frais financiers, assurance,
- les frais de fonctionnement,
- les frais de personnels avec charges,
- les frais généraux estimés à 15 % du total.

Dans le système ①, le plus simple, le coût horaire de 403 F/h pour 200 h/an contient près de 40 % de main-d'oeuvre (2 ouvriers).

Les systèmes plus sophistiqués comportent une pro-

portion de plus en plus élevée de frais fixes. Leur coût dépasse couramment **600 F/h, 1 000 F/h** dans le cas de la machine automotrice de récolte et beaucoup plus lorsque plusieurs engins sont mis en oeuvre.

● Le coût de mobilisation par map ou par tonne

C'est le quotient du coût horaire (F/h) du système de déchiquetage par sa productivité (map/h). Or, avec un degré de mécanisation croissant, celle-ci progresse plus vite que le coût horaire, si bien que le map (ou la tonne) est d'autant moins cher que l'on mécanise fortement.

Pour des plaquettes bord de route, on passe ainsi de **100-115 F/map** (soit 300-350 F/tonne) avec un système "artisanal" à **45-55 F/map** (135-165 F/t) avec une grosse machine automotrice.

Un degré de mécanisation moyen (1 seul conducteur disposant d'une grue) conduit à une fourchette de coût de 65-75 F/map soit 200-225 F/t qui se situe au-dessus des prix du bois de trituration feuillu (160 F/t) mais en-dessous des prix du bois de chauffage en rondins.

● La concurrence des autres produits

Les divers sous-produits de l'industrie du bois ont des coûts bien moindres que celui des plaquettes forestières (en F HT départ scierie) :

- dosses et délignures : 70 à 100 F/tonne,
- sciures : 60 à 85 F/tonne,
- écorce : quelques dizaines de F/tonne et parfois même une valeur négative dans certaines régions.

Les plaquettes écorcées ont une valeur supérieure (150 à 200 F/t) mais sont achetées par les industries de la pâte à papier et des panneaux qui ont tissé depuis longtemps un vaste réseau de collecte.

3. Quel est le prix du kWh à l'entrée de la chaufferie ?

Un coût de transport coupe/chaufferie de 17 F/map (50 F/t) a été intégré au calcul afin de faciliter les comparaisons. Il correspond à un transfert par camion ou conteneur sur des distances d'environ 50 km. Dans ces conditions et pour un pouvoir calorifique inférieur de 730 kWh/map (PCI de plaquettes à un taux d'humidité sur brut de 25-30 %), le coût du kWh en chaufferie s'étale de **14-16 centimes** dans le cas le plus défavorable à **8-10 centimes** pour les plaquettes au meilleur marché.

Les spécialistes du chauffage situent le seuil de rentabilité des chaufferies collectives à plaquettes à environ 12 centimes HT (entrée chaufferie).

A titre de comparaison, pour des installations de puissance comparable (> 100 tep/an), le prix des autres énergies est actuellement compris entre 14 centimes (gaz) et 39 centimes (électricité).

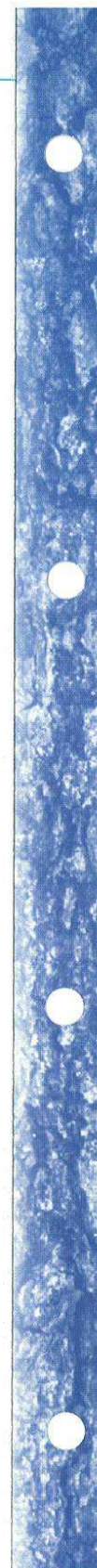










Tableau récapitulatif (1 map = 330 kg - PCI = 730 kWh/map)

Système n°	Utilisation agricole ou occasionnelle			Utilisation intensive					
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Matériel sur le chantier									
	Prix moyen des matériels neufs (année 1997)	300 kF	550 kF	720 kF	845 kF	2 500 kF	2 900 kF	3 975 kF	5 800 kF
	Nb d'heures de travail affectées à la déchiqueteuse (h/an)	200	500	200	500	1 200	1 200	1 200	1 200
	Production annuelle	600	1 500	1 800	4 500	24 000	48 000	36 000	36 000
	tonnes/an	210	420	630	1 575	8 400	16 000	12 000	12 000
	Productivité moyenne de référence pour l'étude (map/h)	3 à 4	6 à 7	9	12 à 13	20 à 21	40 (déchiqueteuse)	30 (déchiqueteuse)	40 (déchiqueteuse)
	Coût d'utilisation horaire des ensembles (F/h)	403	496	684	749	1 115	1 385	1 600	2 150
	Prix de revient d'un map bord de route (F/map)	115	77	76	60	55	49	64	61
	Coût du transport/conteneur (F/map)	0 *	17	17	17	17	17	17	17
	Prix de revient d'un map livré en chaufferie (F/map)	115	94	93	77	72	66	81	78
Prix de revient de l'énergie à l'entrée en chaufferie (centimes/kWh - valeurs arrondies)	14 à 16	11,5 à 13	12 à 13	8,5 à 10,5	8,5 à 10	9	11	11	

* Livraison directe en chaufferie ou au stockage intermédiaire (rayon de 5 km)

C O N C L U S I O N

Par rapport aux autres combustibles, la plaquette forestière, à l'entrée de chaufferie, se situe à un niveau de prix proche du seuil de rentabilité : 12 centimes/kWh soit environ 265 F/t rendue. Trop chère lorsque la récolte est réalisée avec de petits matériels sur tracteur agricole alimentés par deux ou trois hommes, elle devient compétitive à partir d'un certain degré de mécanisation à **condition de choisir judicieusement les chantiers**. Cependant, le matériel de déchetage représente alors un investissement élevé d'au moins 850 000 F et les calculs de coût reposent sur une production de 2 000 à 5 000 tonnes/an. Il faut une structure de taille suffisante pour consommer de tels tonnages. De nombreuses chaufferies sont situées en-dessous de ce niveau et de ce fait condamnées à utiliser des matériels moins coûteux donc moins performants et produisant une plaquette plus chère. Ou alors, elles doivent avoir recours à une plate-forme d'approvisionnement alimentant plusieurs sites.

D'autre part, divers déchets des industries du bois qui n'intéressent ni les papetiers, ni les panneautiers, sont encore disponibles à des coûts rendus chaufferie très bas, de l'ordre de 60 à 120 F/tonne brute par exemple pour des écorces et des sciures. Il est bien évident que les chaufferies bois s'orientent en priorité vers ces types de produits quitte à compléter, si nécessaire, par des plaquettes forestières.

Certains pays ont fortement développé le chauffage collectif au bois : par exemple la Suède par sa politique fiscale (les combustibles fossiles y subissent des "éco-taxes"), l'Autriche par tradition et savoir-faire... La demande de plaquettes y a généré un tissu de fournisseurs et d'entrepreneurs de déchetage bien équipés et performants. C'est ainsi que la Suède collecte actuellement 6 millions de tonnes/an de plaquettes forestières issues essentiellement des rémanents et houppiers de coupes rases. 250 à 300 grosses machines automotrices de récolte y fonctionnent, produisant chacune 50 000 map/an.

Avec quelques dizaines de milliers de tonnes de plaquettes forestières utilisées chaque année en chaufferie, la France n'est qu'un Petit Poucet en la matière. Un énorme effort de développement et de structuration de cette filière reste à faire, si l'on souhaite véritablement qu'elle prenne une place significative parmi les autres énergies, par utilisation de gisements de matières premières sans vocation industrielle.

Pour en savoir plus

ADEME Editions (1998)

"Chauffage collectif au bois : le déchetage de bois en forêt"

Collection "Connaître pour agir" - n° 2921

Prix : 180 F

27 rue Louis Vicat

75737 PARIS 15ème

Tél. : 01.47.65.23.15



En Suisse : la grosse machine de Thermobois sur porteur Volvo, déversant son chargement dans un conteneur

J.P. LAURIER

AFOCEL

Domaine de l'Étançon

77370 Nangis

Tél. 01.60.67.00.38

Fax : 01.60.67.00.40

E-mail : dir@afocel.fr



J.C. POUET

Biomasse Normandie

42 avenue du 6 juin

14300 Caen

Tél. 02.31.34.24.88

Fax : 02.31.52.24.91

ISSN : 0336-0261

ADEME



ERROR: syntaxerror
OFFENDING COMMAND: --nostringval--

STACK:

(DØchiqueter des petits bois pour l'Ønergie)
/Title
()
/Subject
(D:20061204120935)
/ModDate
()
/Keywords
(PDFCreator Version 0.8.0)
/Creator
(D:20061204120935)
/CreationDate
(CARMONA)
/Author
-mark-