

Mots clés :

- Déchiquetage
- Bois énergie
- Plaquettes
- Biomasse

Comment déchiqueter des petits bois pour l'énergie ?

Lancé en 1994, le plan "Bois énergie et développement local" vise à promouvoir une énergie renouvelable, le bois, susceptible de générer des emplois sur place par le biais des opérations de collecte, transport, entretien et maintenance des chaufferies qu'il nécessite.

Il est coordonné par l'ADEME et a d'ores et déjà débouché sur un certain nombre d'opérations pilotes, qui sont souvent des installations de chauffage collectif au bois en plaquettes. Ce type de produits, homogène, permet en effet une automatisation de l'alimentation des chaufferies. Les combustibles utilisés sont, en général, issus de produits connexes d'industries du bois qui n'ont pas trouvé de débouché dans le secteur des pâtes à papier ou panneaux (écorces, déchets de petites unités, broyats...). L'ADEME a également souhaité que des plaquettes d'origine forestière puissent alimenter certaines installations.

Dans ce but, elle a confié à l'AFOCEL et à Biomasse Normandie une étude technico-économique permettant de définir les méthodes et matériels de récolte les mieux adaptés, leur productivité, leur coût ainsi que les critères de choix.

Les pages suivantes présentent les problèmes techniques qui se posent lors du déchiquetage de petits bois et proposent quelques solutions préconisées dans cette étude. Une seconde fiche, à paraître, traitera des aspects économiques.

Quels bois déchiqueter ?

Si l'on exclut les produits connexes et les déchets divers, la ressource peut provenir de haies, arbres fruitiers et d'alignement mais essentiellement de la forêt, ceci sous diverses formes :

- rondins, billons et autres tiges déjà ébranchées ;
- perches entières ou tronçons de perches avec leurs cimes et branches ;
- cimes, houppiers, branchages.

La plupart des feuillus et résineux sont utilisables, mais pour des raisons techniques et économiques, certains bois sont à exclure dans l'optique d'une récolte en plaquettes pour l'énergie :

- bois d'oeuvre en raison de son coût élevé sur pied ;
- bois d'industrie à cause de la concurrence des usines de pâtes et panneaux ;
- bois de feu en bûches dans certaines régions où il est très recherché.

Par contre, des tiges de faible volume, des brins non marchands ou des cimes qui n'ont aucune valeur sur pied sont, a priori, intéressants car seul un déchiquetage permet de les récolter. En effet, dans ce type d'opération, **on récupère la totalité de la biomasse et non pas uniquement le volume marchand** (diamètre supérieur à 7 ou 8 cm).



Les mauvais taillis, les éclaircies résineuses en peuplements serrés, les houppiers constituent donc une ressource privilégiée.

Le tableau ci-dessous présente une estimation de la biomasse récoltable dans quelques cas de figure courants. Cette masse est exprimée en tonnes fraîches, donc s'applique à des bois à fort taux d'humidité.

Type de coupe	Coupe rase de gros bois feuillus		Coupe rase de taillis ou T.S.F.		Eclaircie de résineux	
	branches non marchandes du houppier	tout le houppier	brins non marchands + cimes	tout	brins non marchands + cimes	tout
Biomasse récoltable (tonnes fraîches/ha)	25 à 50	50 à 100	50 à 150	200 à 400	15 à 50	75 à 150

Comment évaluer cette biomasse ?

- ◆ Grâce à des "tarifs de masse" pour les jeunes feuillus et résineux sous la forme d'une équation $M = aD^2 H + b$ avec :
 - M : masse de l'arbre (y compris cimes et branches) en Kg,
 - D : diamètre à 1,30 m en cm,
 - H : hauteur totale en m.
 Ainsi, un épicéa de diamètre 8-9 cm, donc tout juste marchand, pèse environ 50 Kg et un charme de 8 cm, environ 30 Kg.
Sachant qu'un mauvais taillis compte 4 000 à 10 000 tiges/ha dont seules 25 à 50 % sont marchandes, on voit bien l'importance de la biomasse disponible et l'intérêt qu'il y aurait à déchiqueter ces tiges et brins dont l'exploitation traditionnelle est impossible.
- ◆ Grâce à des ratios pour les houppiers des gros bois feuillus. Des pesages ont montré que ces houppiers présentent 0,8 à 1,5 tonne de biomasse par m³ de grume. Or, seule la moitié de cette biomasse est marchande.
Ainsi, en France, les 10 à 11 millions de m³/an de bois d'œuvre feuillu fournissent à peu près la même masse de houppiers dont environ la moitié, soit 5 à 6 millions de tonnes, reste sur coupe.

Lors du passage d'un couteau au niveau de la perche à déchiqueter, une "tranche" est sectionnée. Sous l'effort de compression, elle traverse l'orifice en se fractionnant sur les éclateurs et est ensuite éjectée dans la goulotte de la machine.

La trémie d'alimentation des perches n'est pas perpendiculaire au disque mais généralement en biais afin de faciliter l'avancement de celles-ci, en particulier sur les petites machines qui n'ont pas de rouleaux d'amenage.



Quelles plaquettes produire ?

Les caractéristiques des plaquettes sont liées à la fois aux produits que l'on déchiquette et à la machine utilisée.

■ LE PRINCIPE DE FORMATION DES PLAQUETTES

La plupart des déchiqueteuses sont à **disque** ou à **tambour**.

Le disque comporte plusieurs couteaux radiaux au nombre de 2, 3, 4 voire 6 selon les modèles et des orifices munis de "peignes" ou "éclateurs".

Sur une machine à **tambour**, le rotor est un gros cylindre qui comporte des couteaux fixés selon les génératrices.

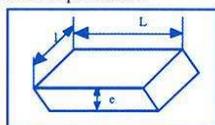
Il existe quelques rares déchiqueteuses à **vis conique** dont les rebords coupants fonctionnent à la manière d'une hache viande.

■ LES CARACTÉRISTIQUES DES PLAQUETTES

Alors que la pâte à papier nécessite des plaquettes "blanches" issues de bois écorcés (moins de 1 à 2% d'écorce), l'énergie peut absorber des plaquettes "grises" ou "vertes" contenant de l'écorce et éventuellement des feuilles ou aiguilles.

Par contre, chaque utilisateur a un cahier des charges parfois contraignant sur les aspects suivants :

- ◆ **granulométrie** c'est-à-dire dimensions moyennes du parallélépipède que constitue la plaquette. A titre indicatif, le tableau ci-dessous fournit les valeurs courantes de trois types de plaquettes très répandues.



- ◆ **taux de plaquettes hors normes** telles que "fines" (sorte de sciure), "bûchettes" (minces et étroites), "queues de déchetage" (portions trop longues).

Pour l'énergie, les utilisateurs veillent à ce que le pourcentage de queues de déchetage soit faible. En effet, ces plaquettes trop longues (parfois plus de 20 cm) sont à l'origine d'incidents de fonctionnement tels que le blocage des systèmes d'alimentation à vis.

Les queues de déchetage apparaissent lorsque la machine commence ou termine un billon ou tronçon de perche. Pour limiter leur nombre, il faut éviter de déchetage à lieu juste après l'abattage. Après séchage des bois (en perches abattues ou en plaquettes) pendant plusieurs mois ce taux descend à 25-30 % avec de grosses fluctuations selon les conditions de stockage. En fonction de la technologie utilisée, les chaufferies acceptent ou non des plaquettes à fort taux d'humidité. Il y a lieu d'être particulièrement attentif à ce critère, qui, avec la granulométrie, est souvent à l'origine de dysfonctionnements.

Dans tous les cas, il y a lieu de veiller au bon réglage de la machine et de la munir de dispositifs permettant d'éviter cet inconvénient.

- ◆ **taux d'humidité**

Exprimé par rapport à la masse brute (soit masse d'eau/masse brute x 100), il peut atteindre 50 % quand le déchetage a lieu juste après l'abattage. Après séchage des bois (en perches abattues ou en plaquettes) pendant plusieurs mois ce taux descend à 25-30 % avec de grosses fluctuations selon les conditions de stockage. En fonction de la technologie utilisée, les chaufferies acceptent ou non des plaquettes à fort taux d'humidité. Il y a lieu d'être particulièrement attentif à ce critère, qui, avec la granulométrie, est souvent à l'origine de dysfonctionnements.

Usage	Dimensions en mm			Remarques
	L	l	e	
GROSSES CHAUFFERIES	80	50	10 à 30	taille d'une "grosse boîte d'allumette"
PETITES CHAUFFERIES INDIVIDUELLES	10 à 15	-	5	taille d'un angle
PÂTE À PAPIER	20 à 30	≈ 15 à 20	5 à 8	taille d'une "petite boîte d'allumette"

- ◆ **unités et coefficients de conversion**

Outre la tonne brute (ou fraîche) et la tonne sèche (ou anhydre), on utilise fréquemment le **map** ou mètre cube apparent de plaquettes qui pèse environ 250 Kg pour des bois secs et 300 à 350 Kg pour des plaquettes de tiges fraîchement abattues.

- ◆ **pouvoir calorifique inférieur (PCI)**

Les essences ont des PCI voisins lorsqu'on les exprime par rapport à leur poids de matière sèche (≈ 5 000 kWh/t.s). Elles se distinguent par leur masse volumique sur pied très variable et par leur taux d'humidité au moment de la combustion :

à 50 % d'humidité

→ ≈ 2 200 kWh/tonne brute

à 25 % d'humidité

→ ≈ 3 600 kWh/tonne brute

soit environ 700 à 1 200 kWh/map

Les systèmes de récolte

Plusieurs opérations doivent être réalisées entre l'arbre sur pied et la plaquette stockée dans le silo d'une chaufferie :

- abattage,
- façonnage éventuel d'un ou plusieurs produits,
- débardage,
- déchetage,
- transfert des plaquettes sur véhicule routier,
- transport en stockage intermédiaire (séchage) ou en chaufferie.

Toutes ces opérations ne sont pas obligatoires. Ainsi, par exemple, il n'y aura pas de façonnage si l'on déchetage entièrement les arbres. L'ordre chronologique de ces opérations n'est pas immuable : on peut très bien laisser sécher les perches sur coupe plutôt que de sécher les plaquettes après avoir décheté du bois frais.

Un grand nombre de systèmes sont envisageables dont certains sont illustrés ci-après.

■ LES SYSTÈMES LOURDS

Fréquemment utilisés en Amérique du Nord, ils font appel à plusieurs machines de forte capacité (une abatteuse, deux débusqueurs, une déchiqueteuse) qui fonctionnent en flux tendu et opèrent généralement en coupes rases de grande surface. Les matériels représentant un investissement minimal de 8 millions de francs sont peu adaptés au morcellement de la forêt française et à la sylviculture pratiquée.

Seul un système de ce type fonctionne actuellement en Corse dans des plantations d'Eucalyptus.

■ LES SYSTÈMES LÉGERS OU "MOYENS"

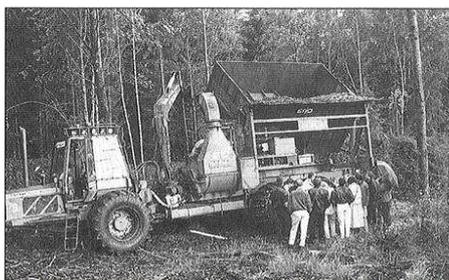
Ils sont extrêmement divers mais peuvent être classés sommairement de la façon suivante :

- le déchiquetage a lieu **bord de route ou sur coupe**. Dans ce dernier cas, la machine transfère les plaquettes dans un camion ou conteneur. Il s'agit en fait d'une "déchiqueteuse-débardeuse" tout terrain qui doit avoir de bonnes capacités de franchissement ;

- la déchiqueteuse est une **machine automotrice de récolte** ou un **ensemble constitué sur une base agricole** : tracteur + remorque classique ou élévatrice + déchiqueteuse + éventuellement une grue. Dans le premier cas, il s'agit d'un engin spécifique coûteux (2 à 3 millions de F) destiné à des professionnels à temps plein.

Dans le second cas, les composants sont polyvalents et peuvent être utilisés à temps partiel pour le déchiquetage par des structures de type CUMA, agriculteurs ou entrepreneurs de travaux forestiers, municipalités...;

- l'alimentation de la déchiqueteuse est **faite à la grue ou manuellement**. En manuel, elle nécessite au moins deux personnes et n'est envisageable que sur des petits bois ;



Une grosse machine de récolte, en Suède, comprenant un porteur 6x6, une grue, une déchiqueteuse à tambour dont la capacité est de l'ordre de 50 cm et une benne élévatrice de 15 m³

- l'alimentation est **frontale** ou **latérale** par rapport au sens de déplacement de l'engin. Ce critère est **essentiel** pour définir l'organisation de chantier lors des opérations préalables. Il permet, ou non, de traiter certains types de coupes. Ainsi :

- Une machine, évoluant sur coupe pour traiter de jeunes résineux d'éclaircie, doit avoir une alimentation frontale afin de pouvoir progresser dans les lignes que l'on ouvre au moment de l'abattage,
- Une machine, opérant sur piste pour absorber des arbres préalablement débusqués aura nécessairement une alimentation latérale.



Un ensemble de type agricole constitué d'un tracteur avec grue, d'une déchiqueteuse à alimentation frontale et d'une remorque élévatrice

En pratique, on est amené à opter pour un certain degré de mécanisation dont les extrêmes sont :

- l'ensemble, de type agricole, bon marché, mais de faible capacité et nécessitant beaucoup de main-d'oeuvre ;
- l'ensemble de type professionnel, piloté par un seul homme, puissant et de forte capacité mais coûteux et devant donc opérer à grande échelle.

Quelques indicateurs pour le choix d'une déchiqueteuse

Par leur conception et leurs caractéristiques techniques, les déchiqueteuses peuvent être classées de la façon suivante :

MOBILITÉ :

- matériel **porté** sur le "trois points" d'un tracteur ;
- matériel sur roues, **tracté** par un engin agricole, forestier, routier.

ENTRAÎNEMENT :

- **autonome** par un moteur thermique ;
- par la **prise de force** de l'engin tracteur ou porteur ;
- parfois par l'**hydraulique** de cet engin.

CAPACITÉ ET PUISSANCE QUI SE SITUENT ENTRE LES DEUX LIMITES SUIVANTES :

- tiges et branches de diamètre 10 cm nécessitant environ 50 CH,
- arbres de 40 à 50 cm pouvant absorber jusqu'à 500 CH.

Dès lors que l'on déchiquette des bois de plus de **15 cm** de diamètre, **il faut disposer d'au moins 100 CH.**

ORGANE DE COUPE :

- **disque, tambour, vis.**

ALIMENTATION DES TIGES :

- trémie **latérale, frontale** ou **mixte** par rapport à l'axe de déplacement;
- trémie **horizontale** ou **inclinée** afin de permettre l'alimentation par gravité;
- entraînement des bois par rouleaux à picots ou dispositifs d'aménagement à chaînes;
- introduction **manuelle** ou **à la grue.**



Une déchiqueteuse, de moyenne capacité, à alimentation latérale, portée sur 3 points d'un tracteur agricole et entraînée par sa prise de force

EN CONCLUSION

Une ressource abondante existe dans certaines régions, et par nature, elle ne fait pas l'objet d'une concurrence avec les autres acteurs de la filière. Elle pourrait même parfois avoir une valeur négative, en particulier dans des coupes rases ou de régénération où le traitement des houppiers a un coût.

Divers types de déchiqueteuses sont commercialisées, permettant de constituer de multiples systèmes de récolte. Bien que les constructeurs français soient quasiment inexistant, plus de 25 sociétés européennes proposent ces matériels.

Diverses méthodes de travail ont été testées y compris en France. Techniquement, elles fonctionnent et, à condition de prendre un certain nombre de précautions quant au choix des déchiqueteuses et à leurs réglages, il est possible de respecter le cahier des charges de l'utilisateur.

Trois types de problèmes se posent, qui expliquent l'aspect actuellement marginal de ce type de récolte en plaquettes en France :

- débouché aléatoire : il y avait, jusqu'à ces dernières années, peu de chaufferies à plaquettes en dehors d'industries du bois qui autoconsommaient leurs propres déchets;
- pas de savoir-faire et de tradition française en matière de déchiquetage forestier. Nous n'avons dénombré qu'environ 25 structures, généralement de petite taille, qui produisent des plaquettes forestières : au total, seulement 20 à 25 000 tonnes par an;
- coût de production élevé : comme on le verra avec la seconde fiche consacrée aux aspects économiques, il n'est pas facile de descendre au niveau de coût des produits connexes ou autres déchets des industries du bois.



J.P. LAURIER

AFOCEL Direction

30 bd Foch

77300 FONTAINEBLEAU

Tél. : 01.64.23.45.00

Fax : 01.64.22.88.87

Machines automotrices de récolte



Alimentation frontale



Alimentation latérale

1 tracteur + 1 déchiqueteuse + 1 remorque

Alimentation latérale
déchiqueteuse portéeAlimentation frontale
déchiqueteuse portée

Pour en savoir plus

LAURIER J.P., POUET J.C., AUBRY C. 1996
"Déchiquetage de bois sur pied pour l'énergie -
Guide pratique"
Rapport technique ARMEF/Biomasse Normandie
143 p.

ADEME 1988
"Les petites déchiqueteuses portées sur tracteur"
Fascicule Ademe - 20 p.

LAURIER J.P., PALICOT B., CAILLAUD C.
1990
"Expérimentations sur la récolte de petits bois en
billons et plaquettes"
Etude Technique ARMEF n° 1 - 34 p.