

LA FILIERE BOIS ENERGIE D'ORIGINE AGRICOLE

Utilisation domestique du bois énergie



**JOURNEES DE DEMONSTRATION
ORGANISEES PAR LA FEDERATION DEPARTEMENTALE
DES CUMA DU TARN**

FEVRIER 2005

Plus d'informations : Natacha THEVENOT- Association Régionale de Mécanisation-05.62.88.77.99
Marie KUHN – FDCUMA du Tarn – 05.63.48.83.14

Pourquoi le bois énergie ?

Energie renouvelable respectueuse de l'environnement, le combustible bois présente de nombreux avantages pour son utilisateur mais aussi pour les collectivités. Reposant sur des gisements importants, cette énergie est compétitive, performante, et procure un haut niveau de chaleur.

1 UNE ENERGIE COMPETITIVE

Tout d'abord, le bois est un combustible bon marché.

Electricité : base	0,11 €/kWh
Propane	0,08 €/kWh
Fioul domestique	0,047 €/kWh
Gaz naturel	0,038 €/kWh
Bois (Très variable en fonction du type de combustible)	Environ 0,02 €/kWh

D'après Quercy Energies

De plus, des aides publiques sont accordées aux particuliers pour l'acquisition du matériel et son installation (taux réduit de TVA à 5,5 pour l'achat d'une chaudière à bois et des radiateurs, réduction d'impôt à raison de 40% des dépenses TTC, subvention possible de l'ANAH).

2 UNE ENERGIE POUR LE DEVELOPPEMENT LOCAL

A consommation égale, l'énergie bois crée en moyenne **4** fois plus d'activités que le gaz ou le pétrole. Ces emplois contribuent directement au soutien d'activités locales.

De plus, elle participe à la valorisation du patrimoine forestier en ouvrant de nouveaux débouchés à des produits difficilement utilisables par ailleurs.

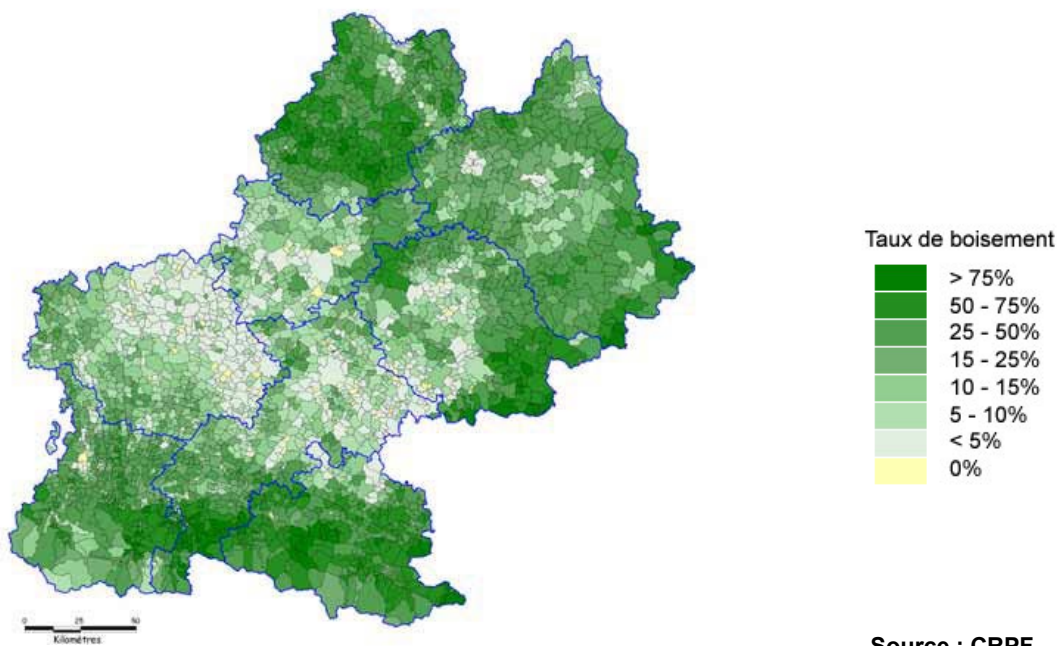
3 UNE ENERGIE PROPRE

L'utilisation énergétique du bois n'entraîne pas de destockage de carbone, et permet ainsi de réduire les émissions de gaz carbonique en se substituant à la combustion d'énergies fossiles. Par ailleurs, les chaudières actuelles respectent les normes de rejets polluants dans l'atmosphère grâce à des systèmes performants de filtrage ou de lavage des gaz de combustion.

4 UNE ENERGIE REGIONALE ET ABONDANTE

3^{ème} région de France en surface de forêts, Midi-Pyrénées dispose d'une surface boisée de 1 156 000 hectares, à dominante de feuillus avec une proportion de taillis sous exploités et vieilliss. Elle connaît un accroissement annuel de 3 m³/ha/an.

Taux de boisement de Midi-Pyrénées



La forêt publique occupe **18%** de la surface. La forêt privée occupe **82%** soit 941 780 et concerne 338 000 propriétaires.

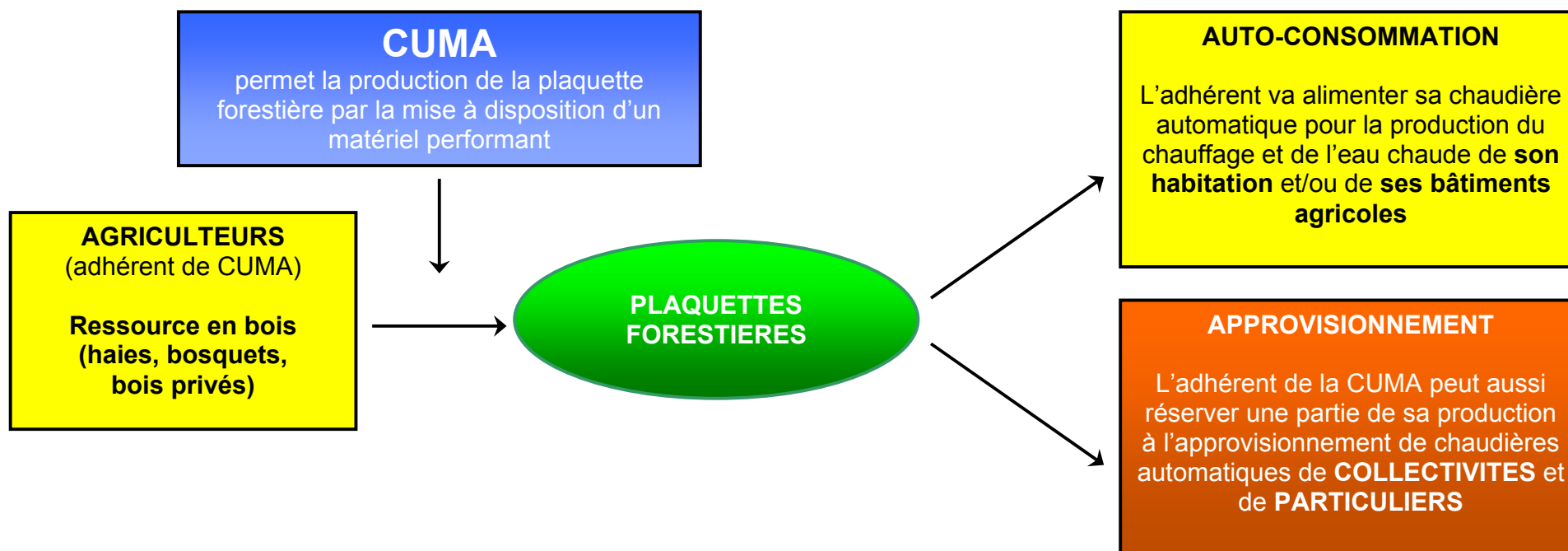
La forêt paysanne était estimée en 2002 à 425 000 ha et appartenait à 66 000 agriculteurs. Une configuration en parcelles très morcelées (surface moyenne de 2.8 ha) handicape la mise en valeur et la mobilisation du bois.

Ces chiffres ne tiennent pas compte des espaces boisés non forestiers composés de haies, bosquets, bandes boisées qui constituent un gisement d'une valeur économique non négligeable pour le monde agricole.

Ressource renouvelable, créatrice d'emploi et respectueuse de l'environnement, la valorisation du bois représente un atout considérable pour le développement local et l'entretien du territoire.

La CUMA : un acteur majeur de la Filière Bois

La CUMA, de part son ancrage sur le territoire, est la seule structure capable de mettre en place et de faire fonctionner une filière intégrant les notions de **développement local**, d'**entretien de l'espace**, et d'assurer un **niveau technique élevé** tout en **garantissant un coût d'utilisation optimisé**. En effet, le coût d'une déchiqueteuse représente un investissement compris entre 6 000 € et 31 000 €, la CUMA permet de mettre un tel investissement.



Une ressource facilement mobilisable

Le bois énergie peut provenir de l'exploitation de la forêt, des bois mais également de l'entretien des haies et des bosquets. Le bois énergie contribue donc à la bonne gestion des forêts et à l'entretien des paysages.

Comment entretenir ses haies ?

L'entretien des haies est trop souvent défini ou compris comme la simple taille latérale. Or, la pérennité de celles-ci passe par un véritable entretien. Aussi, il nécessite une exploitation du bois, des tailles de formations et des remplacements d'arbres morts.



L'exploitation du bois réalisée à la tronçonneuse à l'intérieur de la haie constitue une phase essentielle de leur entretien alors que la taille latérale au lamier sur les haies (ci-contre) va transformer celles-ci et compromettre fortement toute forme de valorisation du bois.

La production en bois d'une haie pour le déchetage est extrêmement variable. Potentiellement, un kilomètre de haie (ou 0,5 ha) de bois de taillis âgé de 15 ans représente 30 à 140 tonnes de bois vert (taux d'humidité de 50%). Cette production varie en fonction des essences présentes et de leurs densités :

- **30 à 40 tonnes pour du noisetier ou du saule** présent à raison de 360-430 souches par km
- **100 à 140 tonnes pour du châtaignier, du chêne, du hêtre ou du frêne** présent à raison des 300-370 souches par km

Généralement, les haies sont discontinues, ceci réduit de 15 à 20% leur potentiel de production. Certains bois trop gros (arbres de hauts jets, vieux taillis) ne pourront être déchetés car leur diamètre sera supérieur à la capacité de la déchetuse.

Le déchiquetage

Le déchiquetage est un moyen de valoriser la totalité des branchages de l'entretien des haies.

Le déchiquetage du bois répond à TROIS OBJECTIFS :

- **Simplifier** la récolte du bois de chauffage en **réduisant le temps des chantiers** de 3 à 4 fois par rapport à l'exploitation traditionnelle en bûches ;
- **Produire** un combustible facile d'emploi pour **alimenter des chaudières automatiques** avec une autonomie de 2 à 20 jours selon les modèles et la demande en chaleur ;
- **Améliorer** l'entretien des haies et des boisements **en valorisant l'ensemble du bois disponible**, y compris les branchages qui sont d'habitude brûlés (ils représentent couramment 30% du bois d'une haie).

Les déchiqueteuses attelées sur la prise de force des tracteurs agricoles permettent de déchiqeter des branches de plusieurs mètres de long, le diamètre toléré étant variable en fonction des capacités de la machines.

Afin d'obtenir de la plaquette compatible avec l'utilisation en chaudière automatique (granulométrie homogène, sans queues de déchiquetage), les matériels à utiliser sont **des déchiqueteuses à couteaux**.



Selon le diamètre du bois à déchiqueter et le volume annuel de plaquettes à produire, on peut utiliser une déchiqueteuse à alimentation manuelle ou à alimentation par grappin.

Déchiqueteuse à alimentation manuelle



Diamètre maximum accepté	Jusqu'à 25 cm
Organe de coupe	Disque
Nombre de couteaux	3 à 6
Amenage du bois	Rouleaux ameneurs
Alimentation	Manuelle
Puissance de traction nécessaire	80 à 100 cv

Déchiqueteuse à alimentation par grappin



Diamètre maximum accepté	Jusqu'à 60cm
Organe de coupe	Tambour hacheur
Nombre de couteaux	8 ou plus
Amenage du bois	Rouleaux et tapis ameneur
Alimentation	Grappin
Puissance de traction nécessaire	150 à 250 cv

Coût d'une déchiqueteuse à monter sur « 3 points » à un tracteur agricole :

	Diamètre en cm	Débit en Map / h	Prix en euros
Petite capacité	D<15	4-5	6 000 à 12 000€
Moyenne capacité	15<D<20	6-8	12 000 à 23 000€
Grande capacité	D>20	>9	23 000 à 31 000€

Source ADEME : bois énergie : le déchiquetage en forêt - 1998

Les plaquettes forestières



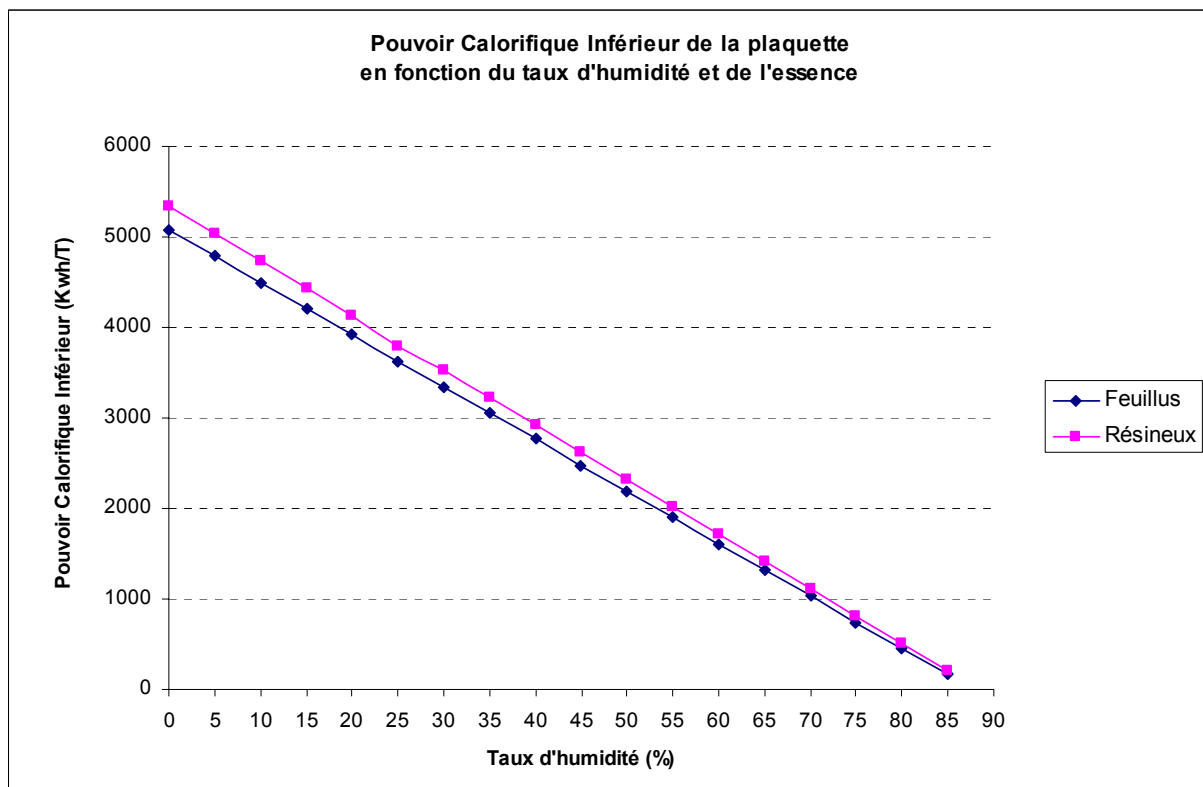
Pour un combustible de bonne qualité

DEUX PARAMETRES A CONTROLER

Le taux d'humidité
&
La granulométrie

Le taux d'humidité détermine le pouvoir calorifique de votre combustible

Le **Pouvoir Calorifique Inférieur** de la plaquette forestière dépend fortement de son **taux d'humidité** et peu du type d'essence, comme le montre le graphique ci-dessous.



En conséquence, plus le taux d'humidité de votre combustible est élevé, plus votre consommation annuelle de plaquettes forestières augmente. De plus, si le combustible est encore humide, votre chaudière n'atteindra pas sa puissance nominale et risquera de s'encrasser.

EXEMPLE

Dans cet exemple, on considère une chaudière individuelle de **40 kWh**.
On suppose une période moyenne de chauffe sur l'année de 6 mois et un fonctionnement journalier d'environ 19h.

Le tableau suivant montre la variation du volume de plaquettes à fournir à la chaudière en fonction du taux d'humidité du combustible.

	Taux d'humidité (%)			
	20%	25%	30%	35%
PCI (kWh) de la plaquette	3918	3630	3341	3053
Mètre cube de plaquettes annuels nécessaires	144	155	170	185



Vu l'impact du taux d'humidité sur la consommation de votre chaudière en combustible, il apparaît nécessaire de le contrôler.

Des bonnes conditions de séchage sont primordiales



Pour pouvoir sécher naturellement, la plaquette fraîche (taux d'humidité compris entre 50 et 60%) doit être disposée **en tas, à l'abri des intempéries**. Les micro-organismes aérobies (vivant en présence d'oxygène) contenus dans le bois engagent alors **une fermentation naturelle**. Celle-ci provoque une **élévation de la température du tas** (le cœur du stock peut atteindre 70°C) qui permet un **assèchement progressif** des plaquettes.

Après un stockage à l'abri de **4 à 6 mois**, la fermentation est stoppée et le taux d'humidité des plaquettes se stabilise aux environs de 25 %.

Il est impératif de stocker les plaquettes sur une surface bétonnée pour éviter le ramassage d'indésirables (terre, feuilles, pierres, métal...) lors du chargement des plaquettes pour alimenter le silo.

Avant l'entrée de votre combustible dans le silo d'alimentation de la chaudière, il est important **de mesurer le taux d'humidité** de la plaquette forestière. Pour cela, différentes méthodes existent pour contrôler le taux d'humidité de la plaquette forestière, dont celle, très simple, utilisant **le micro-onde** (*).

Eviter les queues de déchetage et les fines

Les grosses plaquettes (>5cm) peuvent bloquer la vis sans fin servant à alimenter la chaudière.

Les fines (< 3 mm), quant à elles, seront difficilement entraînées par la vis et risqueront de s'accumuler dans le silo.

Afin d'éviter ses désagréments, il semble nécessaire de contrôler les dimensions de la plaquette :

- lors du chantier de déchetage **en réglant les couteaux et les contre couteaux**,
- lors de l'entrée d'un lot de plaquettes forestières dans le silo d'alimentation de la chaudière par **tamisage** (*).

Souvent le constructeur des chaudières précise le pourcentage de queues de déchetages et de fines tolérés.

IMPORTANT

Il est également nécessaire de détecter avant l'entrée en chaudière la présence **d'indésirables** :

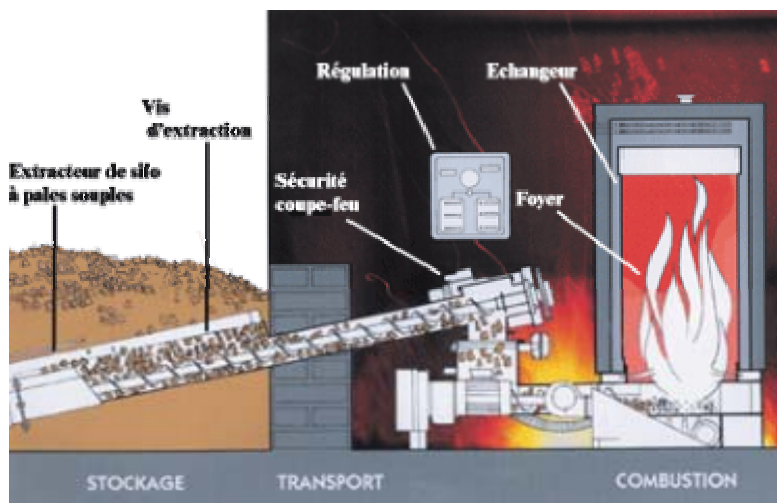
- terre
- graviers, cailloux, pierres
- feuilles
- corps étrangers (plastiques, métal...)

Ceci se fait par méthode visuelle

D'où la nécessité de stocker les plaquettes sur une surface bétonnée

* Les méthodes du *micro ondes* et du *tamisage* sont actuellement en phase d'expérimentation à la FRCUMA Midi-Pyrénées dans le cadre du programme CUMABOIS.

Le chauffage au bois, comment ça marche?



Le fonctionnement de la chaudière est entièrement **automatique**. L'allumage est réalisé par un générateur d'air chaud. La régulation commande l'arrivée du combustible en fonction des besoins de chaleur. Une vis sans fin, des tapis ou des poussoirs motorisés assurent l'alimentation de la chaudière en transportant le combustible du silo vers le foyer à combustion.

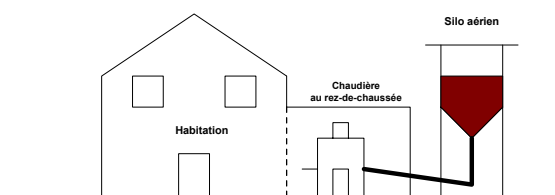
L'entretien est réduit, car le décaissage et le dépolluage des échangeurs sont de plus en plus souvent automatisés.

Les différentes configurations d'alimentation de la chaudière

Rappelons que le Silo est le volume attendant à la chaufferie, permettant de stocker le combustible pour une à plusieurs semaines.

Il est très important d'optimiser l'implantation du silo en tenant compte de son volume, et de sa voie d'accès. Celle-ci doit supporter le passage et les manœuvres des moyens de livraison (tracteur et benne agricole ou camion benne). La configuration du silo doit aussi tenir compte des moyens de déchargement (par exemple la hauteur de levage des bennes). En outre l'usage du combustible bois est rentable lorsqu'il fait l'objet d'un minimum de manipulations.

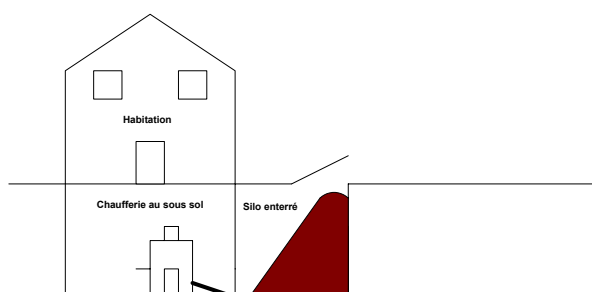
1 Silo aérien + chaudière rez-de-chaussée



2 Système silo+chaudière au rez-de-chaussée



3 Système silo+chaudière souterrain



ANNEXES

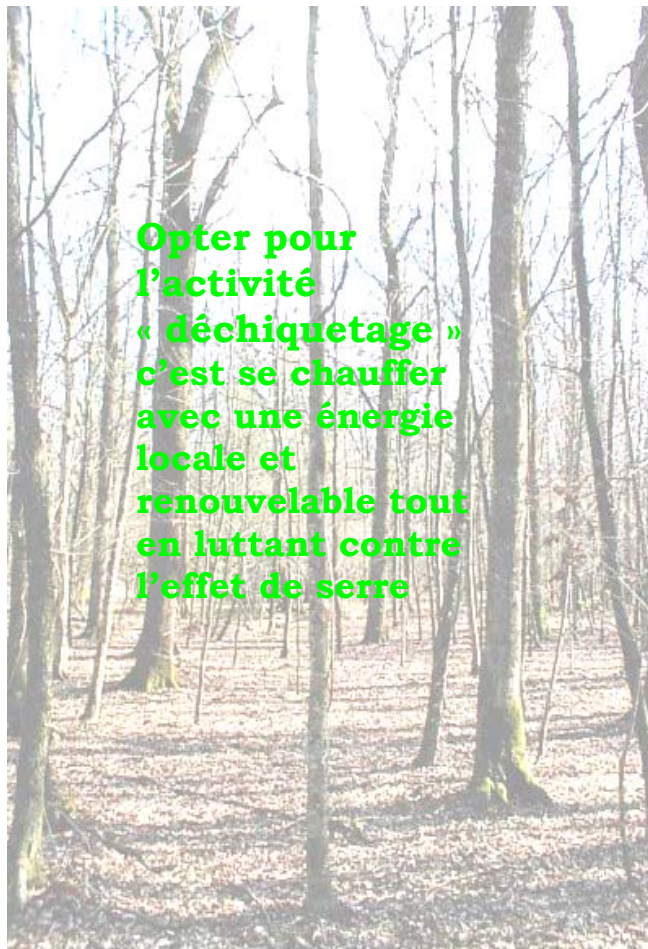
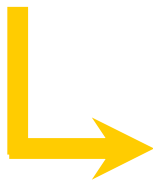
- ☞ Annexe 1 : Fiche « Filière bois énergie»
- ☞ Annexe 2 : Fiche « Le chantier de déchiquetage »
- ☞ Annexe 3 : Fiche « Se chauffer à la plaquette forestière »
- ☞ Annexe 4 : Fiche « Quelques données économiques »

LA FILIERE BOIS ENERGIE

L'entretien du paysage maintient la valeur écologique des forêts et des haies. Les résidus de taille et d'élagage qui en résultent ne sont plus brûlés en bout de champs et trouvent un nouveau débouché.



Les branchages d'entretien sont valorisés via leur **déchiquetage en plaquette**. Ils sont utilisés comme combustible, en litière, en paillage, ou encore pour stabiliser les chemins ruraux.



Opter pour l'activité « déchiquetage » c'est se chauffer avec une énergie locale et renouvelable tout en luttant contre l'effet de serre

Les **plaquettes forestières** obtenues vont être transportées et stockées à l'abri des intempéries sous un hangar aéré pour sécher. La manutention de la plaquette ne nécessite plus de manipulation manuelle, la trémie de la déchiqueteuse permet de les déverser dans une remorque qui sera vidée sous le hangar.

Les bienfaits pour l'environnement :
Le CO² rejeté par la combustion du bois est rapidement mobilisé par la biomasse en croissance.
4m³ de bois énergie permet d'économiser 1 tep et d'éviter l'émission de 2,5 t de CO²



Les plaquettes sèches (20 à 25 % d'humidité) sont utilisées comme combustible dans une **chaudière à alimentation automatique au bois** qui confère un chauffage régulier et confortable.



La langue du bois

Plaquette : bois transformé en copeaux à l'aide d'une déchiqueteuse

MAP : mètre cube apparent de plaquettes

Stère : unité de compte du bois bûche qui représente 1m³ de bois, vide compris

Pouvoir calorifique inférieur (PCI) : unité de mesurer de la capacité énergétique du bois exprimée en kWh par tonne ou par map

Tonne Equivalent Pétrole (Tep): unité de mesure énergétique, 1 tep = 11 630 kWh = 5 tonnes de bois

Clés de conversion :

1m³ équivalent bois rond frais

= 1,5 stère

= 2,5 MAP

= 1980 kWh = 0,17 tep

En moyenne :

1m³ de bois plein frais = 0,9 tonne de bois frais

bois frais = 50 à 60 % d'humidité

bois sec = 20 à 30 % d'humidité

Qualité et Proximité, les clefs de la réussite

- * Apporter à l'adhérent les moyens de valoriser sa ressource bois
- * Maîtriser les coûts d'exploitation au travers de l'investissement en groupe
- * Produire un combustible plaquette de qualité régulière et homogène
- * Garantir l'approvisionnement par un ancrage territorial de qualité

LE CHANTIER DE DECHIQUETAGE

1. Préparation du chantier.

Type de haie : une haie dégradée produit moins de bois qu'une haie continue composée de plusieurs strates végétales.

Données ALE : 100 m linéaires de haie = 15 à 40 m³ tous les 10 ans. La productivité d'une haie est très variable, elle dépend des essences, de l'entretien et de son état général.

Essences à utiliser : toutes les essences peuvent être utilisées comme combustible dans les chaudières automatiques

Préparation du chantier : « ranger » les bois au moment des travaux de la taille ou d'élagage permet de gagner du temps pour le déchiquetage.

2. Le déchiquetage.

Le rendement du chantier varie en fonction du type de déchiqueteuse et de son niveau de mécanisation :

- * Déchiqueteuse alimentation manuelle : 4 à 12 MAP/h
- * Déchiqueteuse avec grappin : 15 à 25 MAP/h
à raison de 2-3 personnes sur le chantier

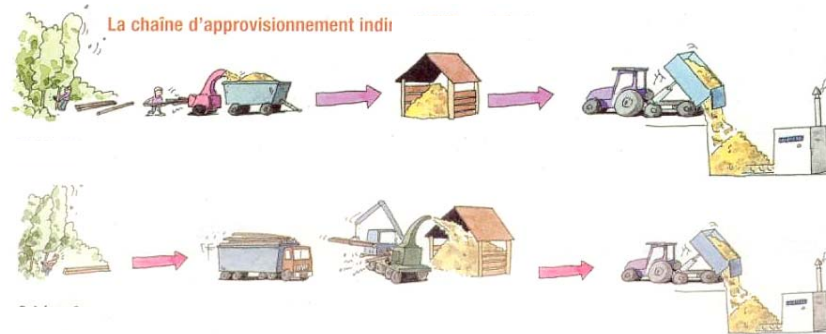


Schéma 1 : Broyage en forêt et transport de la plaquette au hangar de stockage
Schéma 2 : Transport du bois rond avec broyage au hangar

3. Stockage et séchage de la plaquette forestière.

Déchiquetage de bois humide

→ *Transport et stockage* de la plaquette sous abris aéré et bétonné

→ *Séchage par fermentation* pendant 4-6 mois (le taux d'humidité doit passer de 45% à 25%)

iquetage de bois sec, les plaquettes ont directement être amenées au silo

manière générale la plaquette est us rapidement mobilisable que la bûche.

1 map humide = 350 kg
1 map sec = 250 kg
4 map sec = 1 tonne

Déchiqueteuse : machine utilisant un disque hacheur muni de couteaux et d'un peigne éclateur. 2 rouleaux amènent le bois vers le disque et une trémie canalise la plaquette. Portée ou traînée, la déchiqueteuse s'alimente manuellement ou à l'aide d'un grappin.

La productivité d'un chantier (MAP/h/pers) va dépendre :

- **de la nature du produit à broyer**
- **de l'organisation du chantier**
- **du niveau de mécanisation du chantier**
- **de la déchiqueteuse et de son entretien**

SE CHAUFFER AUX PLAQUETTES FORESTIERES

Principe de fonctionnement de la chaudière bois (source AJENA)



1. Silo d'alimentation
2. Chaîne de transfert du combustible
3. Vis d'alimentation automatique
- 4/5. Ventilateurs
- 6/7. Chambre de combustion
8. Collecteur de cendres
9. Echangeur
10. Vis de décentrage automatique
11. Container à cendres
12. Armoire de régulation

Le **silo** est le volume attenant à la chaudière permettant de stocker le combustible pour une à plusieurs semaines d'autonomie. Celle-ci varie en fonction de la taille du silo et des besoins de chaleur.

Automatisation et régulation du chauffage.

Les plaquettes sont amenées du silo vers la chaudière via une vis sans fin alimentant le foyer en continu.

La chaudière automatique : 85 à 90% de rendement. Les quantités d'air et de combustible arrivant dans le foyer sont régulées, la combustion est quasi-totale (1 à 2% du tonnage consommé). Décantage 1x par mois.

Pour un bon chauffage, il faut un bon combustible.

Critères de qualité :

- **La granulométrie** doit respecter les paramètres de la chaudière. De copeaux de 10 X 10 X 5 ou 25 x 25 x 5 répondent mieux aux besoins des particuliers. Par ailleurs, il faut éviter les queues de déchetage en affûtant la déchiqueteuse.
- **Le taux d'humidité** : pour atteindre le taux optimal de 25 %, la plaquette déchiquetée doit sécher sous abris aéré pendant 4 à 6 mois.

Ces 2 critères doivent être adaptés aux paramètres imposés par la chaudière pour optimiser la combustion. De même le Pouvoir Calorifique (PCI) va dépendre de l'essence et du taux d'humidité.

Que chauffe-t-on avec une chaudière automatique au bois ?

- des maisons individuelles d'habitation
- des groupes d'habitations par l'intermédiaire d'un réseau de chaleur enterré
- des bâtiments agricoles : eau de la salle de traite, fromagerie, poulailler, porcherie, atelier d'élevage de veaux, séchoir fourrage.

Combien faut-il prévoir de plaquettes pour se chauffer?

2,5 m³ apparent de plaquettes sèches =
1,5 stère de bois bûches =
250 litres de fioul

Exemple pour chauffer une maison de 100 m²

20 MAP = 12 stères = 20000 kWh
soit de 2 à 5 heures de déchetage pour se chauffer une année !

QUELQUES DONNEES ECONOMIQUES

Coût d'achat d'une déchiqueteuse :
6 000 à 31 000 €



Le prix varie en fonction de la capacité du matériel : diamètre accepté et débit en Map/h

Coût d'achat d'une chaudière à alimentation automatique :
de 10 000 à 15 000 €



Coût de production de la plaquette (du débardage au broyage) :

50 à 55 €/t

Pour une maison de 100 m² :
20 MAP = 5 tonnes (1 MAP sec = 250 kg) soit 250 à 275 €

Coût d'utilisation de la plaquette :

0,02 €/kWh

le coût de revient de la plaquette produite en CUMA

Pour une maison de 100 m² :
20 MAP = 20000 kWh = 400 €
En comparaison : Fioul à 0,047 €/kWh = 940 €
Gaz naturel à 0,038 €/kWh = 760 €

ATTENTION

Les besoins en MAP varient en fonction du niveau d'isolation de la maison.

Pour une maison de 100 m² avec une hauteur sous plafond de 2.5m située dans la région :

- ☞ logement bien isolé (construction neuve ou récente), il faut environ 10 000 kWh par an, soit 5 stères de bois sec ou 10-12 MAP
- ☞ logement moyennement isolé (doubles vitrages, huisseries en bon état, isolation sous toiture), il faut environ 18 000 kWh par an, soit 10 stères ou 18-20 MAP
- ☞ logement non isolé, il faut environ 26 000 kWh par an, soit 15 stères ou 26-30 MAP.

Aides fiscales et subventions :

- l'application de la TVA à 5,5 % pour tous travaux d'amélioration, de transformation, d'aménagement et d'entretien des locaux à usage d'habitation achevés depuis plus de 2 ans
- 40 % de crédit d'impôts sur l'acquisition d'équipement de production d'énergie utilisant une source renouvelable
- Aide ANAH pour les matériels labellisés Flamme Verte

Vente du combustible plaquette :

En choisissant d'approvisionner un particulier ou une collectivité, le producteur peut vendre sa plaquette.

Prix de vente : 60 à 70 €/t

Une maison de 100 m² : 20 MAP = 5 tonnes soit 300 à 350 €

