



# **Mobilisation du bois énergie sous forme de plaquettes forestières**

Regefor Champenoux - 8-10 juin 2009  
Jean Pierre Laurier



# Sommaire

- **Biomasse récoltable et cahier des charges des plaquettes**
- **Méthodes et matériels de récolte**
- **Prix des matériels et coûts d'exploitation**
- **Productivité et facteurs qui l'influencent**
- **Main d'œuvre et sa formation**
- **Tendances lourdes et perspectives**



# Quelle quantité de biomasse par ha ?

- **Jeunes éclaircies résineuses :**
  - 15 à 50 tonnes/ha dans les cimes et rémanents.
  - 75 à 150 tonnes/ha si on déchiquette tout
- **Coupes rases de taillis ou TSF :**
  - 50 à 150 tonnes/ha dans les brins non marchands et les cimes
  - 200 à 400 t/ha si on déchiquette tout
- **Houppiers de feuillus en TSF : 0,8 à 1,5 tonnes/m<sup>3</sup> de grume dont la moitié marchand (0,4 à 0,8 tonnes récoltés en billons soit environ 1 stère par m<sup>3</sup> grume)**
- **Valeurs théoriques à minorer de 20 à 40 % !!**



**En taillis : 1 500 à 10 000 tiges/ha  
Une biomasse importante dans les  
nombreuses tiges non marchandes**





**En houppier de feuillus : jusqu'à 1,5 tonnes de biomasse par m<sup>3</sup> de grume dont environ la moitié marchande (billons) et l'autre moitié déchiquetable**





## Le cahier des charges pour les plaquettes en chaufferie

- **Granulométrie** et en particulier la proportion de fines et de queues de déchiquetage
- **Taux d'humidité** sur brut élevé (>35 % donc simple ré essuyage) ou faible (25 % donc séchage nécessaire)
- Présence d'écorce mais éventuellement de feuilles et aiguilles
- Eventuellement essences exclues ou mélanges d'essences limités
- PCI et taux d'humidité
- **Différences importantes de cahier des charges entre grosses et petites chaufferies**



## Des plaquettes de dimensions très variables issues de branchages et brins non marchands

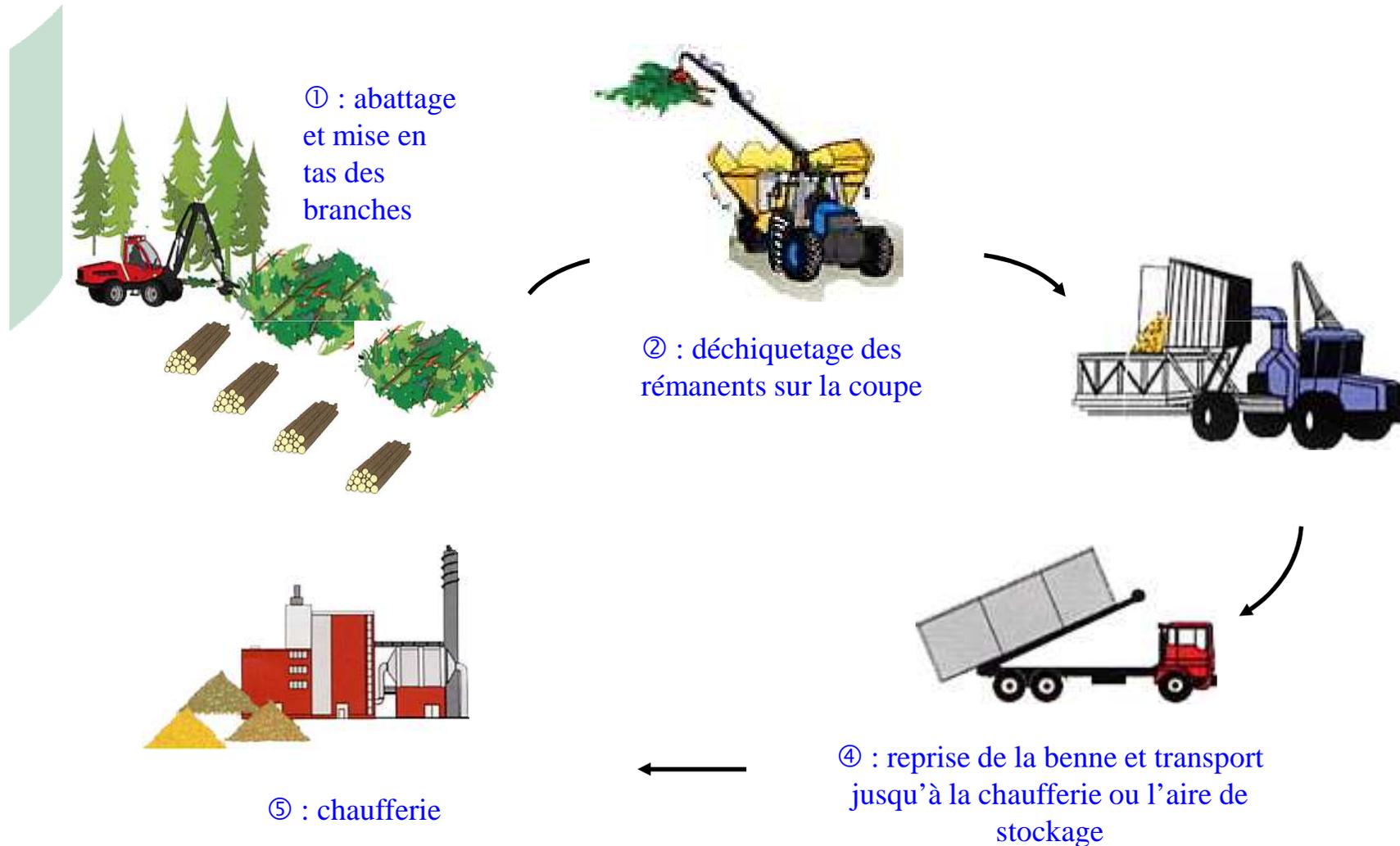




## Les méthodes de travail

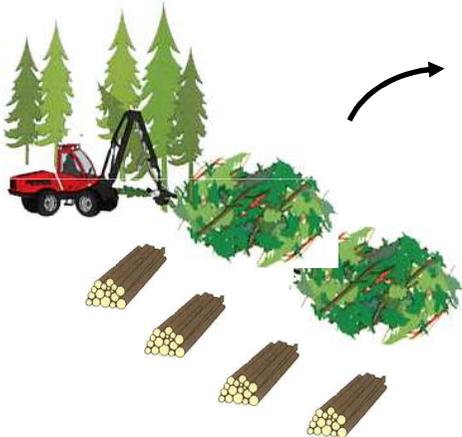
- **Bûcheronnage manuel ou mécanisé avec ou sans rassemblement des bois**
- **Débardage ou non des bois**
- **Déchiquetage de bois frais, ré-essuyé ou séché**
- **Alimentation de la déchiqueteuse à la grue, en axial ou latéral**
- **Déchiquetage sur coupe avec machine automotrice tous terrains**
- **Ou débardage des bois puis déchiquetage bord de route avec machine sur remorque, camion, tracteur...**
- **Ou transport des bois ronds en usine puis déchiquetage sur parc à bois de la chaufferie**
- **Ou fagottage puis déchiquetage en usine**

# Production de plaquettes sur coupe



# Production de plaquettes bord de route

① : abattage et mise en tas des branches



② : débardage des branches



③ : broyage des branches en bordure de route



④ : transport des plaquettes jusqu'à la chaufferie



⑤ : chaufferie

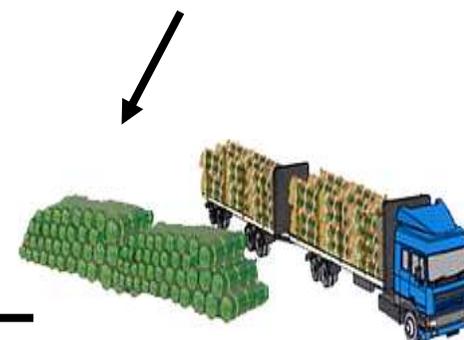
# Production de fagots à déchiqueter en usine



② : mise en fagots des rémanents



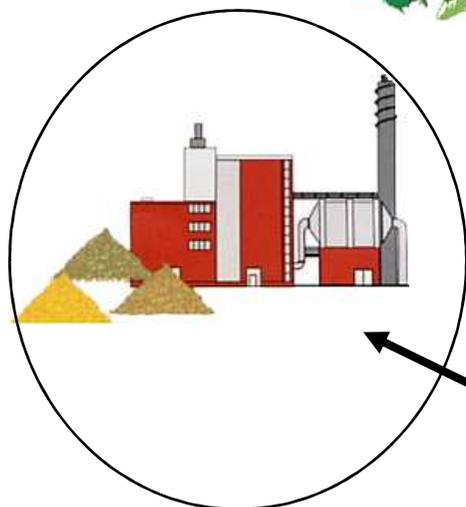
③ : débardage des fagots



④ : transport des fagots jusqu'au site de broyage



⑤ : broyage des fagots de rémanents sur site industriel





## Production de plaquettes sur plate forme de stockage ou en chaufferie

- L'exploitation a lieu de façon classique en bois ronds. Le façonnage peut être sommaire et l'on peut opérer en billons longs (4 à 6 m) ou en toutes longueurs
- Après transport des bois sur plate forme puis stockage/séchage à l'air , le déchiquetage a lieu . Les plaquettes sont stockées sous abri.
- La livraison nécessite une reprise des plaquettes et un second transport
- **Méthode coûteuse car elle cumule le coût d'exploitation transport en bois ronds avec une opération de déchiquetage/stockage/livraison**
- Méthode transposable en usine pour installations de grosse capacité



## L'abattage / façonnage avant déchiquetage

- Avec ou sans façonnage de billons ou BTL : conserver un fin bout élevé
- **Abattage obligatoirement directionnel et conçu pour le déchiquetage ultérieur**
- Avec ou sans rassemblement (javelles, andains) des tiges et cimes à déchiqueter
- Abattage manuel : possible dans tous les cas mais constitution de javelles pratiquement impossible (trop de manutentions, bois lourds)
- Abatteuse groupeuse : rare en France
- Machine de bûcheronnage : très répandue en résineux mais rare en feuillus. Concevable uniquement s'il y a façonnage de bois ronds.



## Tête abatteuse groupeuse sur pelle mécanique permettant de constituer des javelles





## Le déchiquetage sur coupe

- Possible avec un ensemble sur base de tracteur agricole d'au moins 120 Ch
- Réalisable avec des machines automotrices de récolte tous terrain, lourdes (20 à 25 t à vide) et puissantes (300 à 500 Ch)
- Nécessitant souvent un « Porteur navette » chargé de transférer les plaquettes dans un conteneur ou camion bord de route
- **Donc 2 machines et 2 conducteurs** pour l'opération de déchiquetage/débardage des plaquettes



## Déchiqueteuse à alimentation axiale sur tracteur avec grue + remorque à benne élévatrice





**Machine automotrice suédoise sur base de porteur  
+ moteur auxiliaire + grosse déchiqueteuse  
à alimentation latérale**





Même type de machine proposé par John Deere  
au salon BE d'Orléans 2007





## Déchiqueteuse automotrice tous terrains Silvatec (8x8 - alimentation axiale - benne 15 map)





## Transvasement de la benne de la machine Silvatec dans le « porteur navette »





## Conteneurs de 35 m<sup>3</sup> sur place de dépôt





## Le déchiquetage bord de route

- Après débardage préalable des tiges et rémanents par porteur qui est sous chargé
- **Donc opération chère et à limiter à des distances de débardage courtes**
- Réalisable avec diverses machines sur base agricole ou routière dotées d'une grue et d'un moteur de forte puissance. Possibilité de débiter directement dans des camions de 70 à 90 m<sup>3</sup> qui seront chargés en 1 à 1,5 heure .



## Porteur Timberjack 8x8, 14 tonnes, débardant des rémanents de taillis





**Tas de cimes et rémanents bord de route  
issus d'un taillis**

**Il faut impérativement laisser du bois marchand dans  
les cimes**





**Tracteur 280 Ch + déchiqueteuse sur sulky Jenz débitant dans une semi remorque dételée ou non**





## Déchiqueteuse déposable sur ampliroll des Ets Sundgaubois.

Le camion porte outils sert également à transporter les conteneurs de plaquettes





**Déchetuseuse Bandit pivotante, sur camion 6 roues, débitant dans un camion à fond mouvant de 90 m<sup>3</sup> (chantier ONF Energie)**





## **Le fagotage sur coupe des cimes et petits bois**

- **La machine collecte les bois (cimes, rémanents mais également bois marchands) rassemblés en andains ou javelles et les ficelle en fagots de longueur réglable**
- **La logistique de débardage et de transport reste la même que dans le cas d'une exploitation en billons de bois ronds**



## Fagoteuse John Deere Timberjack en houppiers de peupliers





**Porteur classique débardant des fagots de longueur 2m, diamètre environ 65 cm, poids de l'ordre de 350 à 450 kg**





## **Le prix de quelques matériels € HT**

- **Petite déchiqueteuse portée sur 3 points à alimentation manuelle : 20 000 à 60 000 €**
- **Grue : 10 000 à 25 000 €**
- **Porteur capacité 12 tonnes : 240 000 €**
- **Récolteuse automotrice type Silvatec  
475 000 €**
- **Fagotteuse John Deere/Timberjack  
400 000 €**
- **Camion à fond mouvant : 150 000 €**



# L'ordre de grandeur des coûts

- Fourchettes de coûts annoncées en 2007/2008 :
  - Chaufferies petite puissance : 70 à 80 €/tonne à 25 % humidité
  - Chaufferies moyenne et forte puissance : 45 à 65 €/tonne à 35 % d'humidité

Grosses variations selon typologie de chantiers et méthode de récolte

- Seuil de rentabilité pour approvisionnement de grosses chaufferies :
  - objectif : < 15 €/MWh
  - si bois à 30 % d'humidité avec PCI de 3 300 KWh/tonne
  - prix des plaquettes < 50 €/tonne)**



## Les productivités au déchiquetage

- **Petite déchiqueteuse sur tracteur agricole à alimentation manuelle (2 hommes) :**
  - 1 remorque agricole de 10 map/heure**
  - soit 3 tonnes/h ou 1,5 t/h/homme**
  
- **Déchiqueteuse « moyenne » avec grue sur TA 150 ch (1 conducteur)**
  - 1 benne de 15 map/heure soit 5 tonnes/h**



## **Les productivités au déchiquetage (suite)**

- **Déchiqueteuse automotrice sur coupe type Silvatec avec porteur navette (2 machines et 2 conducteurs)  
soit 10 tonnes/h**
- **Grosse déchiqueteuse 250 à 400 ch bord de route  
1 camion de 60 à 90 map en 1 à 2 heures  
soit 10 t/h à 25 t/h**
- **Très grosse déchiqueteuse > 500 ch à poste fixe :  
> 30 à 50 t/h**



# La productivité des autres opérations

- **Débardage de rémanents au porteur :**  
**pas plus de 30 à 50 tonnes/jour (ou 4 à 7 tonnes/h)**  
**car très fort foisonnement des bois (4 à 5 tonnes maxi par voyage pour une charge utile de 12 à 14 tonnes)**
- **Fagotage de cimes et branches**  
**15 à 25 fagots/heure machine**  
**fagots pesant environ 400 Kg avec fortes fluctuations selon produits et séchage**  
**soit 6 à 12 tonnes/h**



## Les principaux paramètres favorables à la productivité

- Bon accès/desserte/place de dépôt, espace disponible suffisant (**c'est rare !!**)
- Terrain facile (peu de pente, peu d'obstacles, bonne portance)
- Coupes rases ou larges couloirs de cloisonnement ou très peu de réserves
- Prélèvement de biomasse/ha élevé (>80 t/ha)
- Distance de débardage faible (< 500 m)
- Grosse masse et grande longueur des bois à déchiqueter
- **Impératif : Rassemblement correct et bonne orientation des bois à déchiqueter**



## Main d'œuvre et formation des hommes

- **Un métier nouveau : conducteur de machine de déchiquetage, matériel lourd et puissant, doté d'outils coupants nécessitant affûtages et réglages et bonne maîtrise du grutage**
- **Des métiers classiques à adapter à la récolte en plaquettes : bûcherons, conducteurs d'abatteuses, débardeurs**
- **Des entrepreneurs et chefs de chantier à former à ces nouveaux systèmes d'exploitation, à familiariser aux cahiers des charges des plaquettes et aux unités de mesure appropriées**
- **Une mécanisation croissante avec disparition progressive des bûcherons et prédominance des conducteurs**



## Les tendances lourdes et les perspectives

- Une distinction nette entre 2 systèmes de récolte :
  - la production de plaquettes de granulométrie grossière et taux d'humidité élevé (>35 %), en flux tendu, à partir de bois re-essuyés comportant des branchages. Destinées aux moyennes et grosses chaufferies, elles feront appel à des matériels lourds, très productifs, opérant plutôt bord de route.
  - la production de plaquettes de faible granulométrie et bas taux d'humidité (25 %) destinées aux petites chaufferies. On s'oriente vers une récolte classique de bois ronds qui sont ensuite transportés, séchés, déchiquetés et stockés sur plates formes avant livraison. **L'addition des coûts de collecte, stockage et reprise y conduit à des prix élevés des plaquettes rendues chaufferie. On n'y bénéficie pas de certaines synergies entre BO, BI et BE ni de biomasse non marchande dans les rémanents.**



## **Les tendances lourdes et les perspectives (suite)**

- **Une interrogation concernant certains systèmes de récolte :**
  - **Le fagotage, a priori prometteur, car il permet de conserver la logistique habituelle et de déchiqeter à bas prix en usine, va-t-il ou non percer ?**
  - **La récolte de souches, techniquement possible depuis longtemps va-t-elle se développer dans certains massifs ?**
- **Une quasi certitude : la forte régression des machines de déchiqetage opérant sur coupe, pénalisées par leur poids (et donc leurs dégâts potentiels) et nécessitant un porteur navette que l'on avait parfois oublié dans le calcul des coûts.**



## Les tendances lourdes et les perspectives (suite)

- Une logistique à mettre en place en particulier au niveau du transport et une incontournable structuration de la filière plaquettes forestières
- Un savoir faire à acquérir et à améliorer
- Des synergies à mettre en œuvre ou à conforter en particulier avec la mécanisation des feuillus
- Des équilibres à trouver entre BO, BI, BF et BE
- **Un écueil à éviter : ne cherchons pas à récolter en plaquettes des peuplements ou parcelles que nous sommes incapables d'exploiter en bois ronds par des moyens classiques**