



INSTITUT  
TECHNOLOGIQUE

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

**Regefor Champenoux – 8 au 10 Juin 2009**

**Jean Pierre Laurier - FCBA**

### **●Introduction**

Les programmes de recherche en cours pilotés par l'ADEME et l'ANR (Régix, Mobip...) ainsi que l'observation de la montée en puissance des opérateurs du bois énergie (ONF Energie, Coopératives forestières) permettent de dresser un panorama des matériels et des méthodes de récolte du bois énergie sous forme de plaquettes forestières au niveau français.

Auparavant il est impératif de bien identifier le type de ressource que l'on souhaite récolter et de vérifier son adéquation par rapport au cahier des charges des chaufferies utilisatrices.

Dans les pages qui suivent, on s'attachera essentiellement aux aspects techniques et organisationnels de la récolte en plaquettes en examinant les principaux scénarios.

Et on s'efforcera de mettre en évidence les paramètres qui vont jouer sur la productivité des différentes opérations donc sur le coût de production des plaquettes.

### **●Sommaire**

- 1 - La biomasse récoltable et le cahier des charges des plaquettes
    - 11 – La ressource
    - 12 – Les caractéristiques des plaquettes
  - 2 - Les scénarios de récolte et les méthodes de travail
  - 3 - Les opérations de récolte
    - 31 – L'abattage façonnage
    - 32 – Le déchetage sur coupe
    - 33 – Le déchetage bord de route
    - 34 – Le fagotage sur coupe des cimes et petits bois
  - 4 - Le prix des matériels et les coûts d'exploitation
  - 5 – La productivité et les facteurs qui l'influencent
  - 6 – La main d'œuvre et sa formation
- En conclusion : les tendances lourdes et les perspectives

## ●1 - La biomasse récoltable et le cahier des charges des plaquettes

### 11 – La ressource

A priori toute ressource forestière disponible pour le bois d'industrie et le bois de chauffage en bûches est utilisable pour produire des plaquettes de bois énergie. Les bois ronds en billons et perches issus de taillis, éclaircies, coupes d'amélioration ainsi que des houppiers sont concernés. Les prélèvements par hectare dépendent fortement de la sylviculture pratiquée et sont très variables : de quelques dizaines m<sup>3</sup>/ha en éclaircies à 200-300 m<sup>3</sup>/ha en coupes rases de taillis.

Mais le déchetage permet de valoriser le bois non marchand des cimes et branches (en principe, diamètre inférieur à environ 8 cm mais souvent 9 à 10 cm en pratique) ainsi que les brins non marchands habituellement abandonnés sur coupe. On accède ainsi à une nouvelle ressource.

Elle est exprimée ci-dessous en tonnes brutes et s'applique à une matière à l'état frais qui contient environ 50 % d'eau. Pour les feuillus, la biomasse est exprimée hors feuilles. Pour les résineux elle inclut les aiguilles.

- Jeunes éclaircies résineuses :
  - 15 à 50 tonnes/ha dans les cimes et rémanents,
  - 75 à 150 tonnes/ha si on déchetage les arbres entiers (dont la partie marchande),
- 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 déchetage toutes les perches marchandes et les brins,
- Houppiers de feuillus en TSF : 0,8 à 1,5 tonnes/m<sup>3</sup> de grume dont la moitié est marchand (0,4 à 0,8 tonnes récoltables en billons soit environ 1 stère par m<sup>3</sup> de grume) et l'autre moitié non marchande,
  - Divers autres cas intermédiaires peuvent apporter une ressource située entre ces extrêmes.

Attention, ces valeurs sont théoriques et l'expérience montre qu'il faut les minorer de 20 à 40 % pour obtenir les quantités réellement récoltables. En effet bon nombre de petits branchages échappent à la grue à grappin des machines et ne sont pas économiquement récoltables.



*Dans un taillis qui peut compter entre 1 500 à 10 000 tiges/ha, une biomasse importante est contenue dans les nombreux brins non marchands*



*Un houppier de feuillus contient 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*

## 12 – Les caractéristiques des plaquettes

Il existe un référentiel des combustibles bois énergie mis au point par FCBA pour le compte de l'ADEME. Sans entrer dans le détail de ce document et des normes en cours d'élaboration, il faut savoir qu'une chaufferie consommant des plaquettes a des exigences portant, entre autres, sur les aspects suivants :

- La granulométrie moyenne : 5 classes existent dont la plus commune, dite p45 (dimensions comprises entre 3.15 et 45 mm), a la taille d'une petite boîte d'allumettes. Ce type de plaquettes est largement répandu dans l'industrie des pâtes et panneaux. De petites installations peuvent exiger une granulométrie plus fine, permettant d'assurer le bon fonctionnement des dispositifs d'alimentation automatiques de leurs chaudières.
- La faible proportion de fines (exigence souvent < 5 %) et de « queues de déchiquetage » (exigence souvent <1 %), portions grossières et longues qui ont tendance à créer des incidents dans les dispositifs d'alimentation,
- Le taux d'humidité qui peut être élevé dans les grosses installations (35 % - 40 % sur masse brute) ou faible dans de plus petites chaufferies (environ 25 %). Cela signifie que l'on peut se contenter d'un simple ré-essuyage des bois sur coupe dans le premier cas mais qu'il faut prévoir une phase séchage dans le second.
- La présence d'écorce qui est admise (contrairement aux plaquettes papetières) mais que le chauffagiste cherche à limiter car elle contient l'essentiel des minéraux et joue sur le taux de cendres,
- La présence ou non de feuilles et d'aiguilles,
- L'exclusion de certaines essences atypiques ou de mélanges d'essences.

L'acheteur n'a généralement pas d'exigence sur le Pouvoir Calorique Inférieur (PCI) car ce paramètre est difficile à mesurer en routine. Mais il le contrôle par le biais du taux d'humidité maximal toléré. Le PCI du bois passe en effet d'environ 5 000 KWh/tonne anhydre à 3 300 KWh/tonne pour un taux d'humidité de 30 % et à moins de 2 500KWh/tonne sur bois frais à 50 % d'humidité.

Il existe généralement des différences importantes de cahier des charges entre grosses et petites chaufferies d'où la nécessité de bien identifier les clients potentiels pour choisir, d'une part la ressource qui peut convenir, d'autre part le scénario de récolte à mettre en œuvre.



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

## ●2 - Les scénarios de récolte et les méthodes de travail

Il est possible de produire des plaquettes forestières :

-A - directement sur coupe avec une machine automotrice qui va débarder ses plaquettes ou les faire débarder par un engin « navette » entre coupe et route,

-B - en bord de route après avoir débardé les bois,

-C - en chaufferie, usine ou sur plate forme de stockage après avoir débardé puis transporté les bois. Cette filière s'apparente à celle du bois d'industrie.

-D - idem après avoir fagoté des cimes et rémanents sur coupe puis débardé et transporté les fagots sur site d'utilisation.

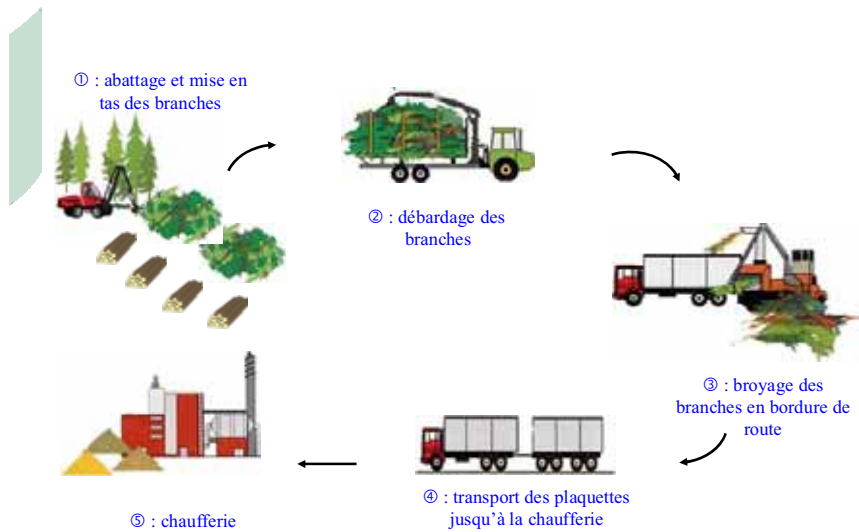
Diverses variantes ou combinaisons sont évidemment possibles. Les schémas ci-dessous illustrent deux de ces scénarios.

Les scénarios A et B visent les arbres entiers et les rémanents. C concerne des bois ronds préalablement ébranchés et D vise plutôt des rémanents.

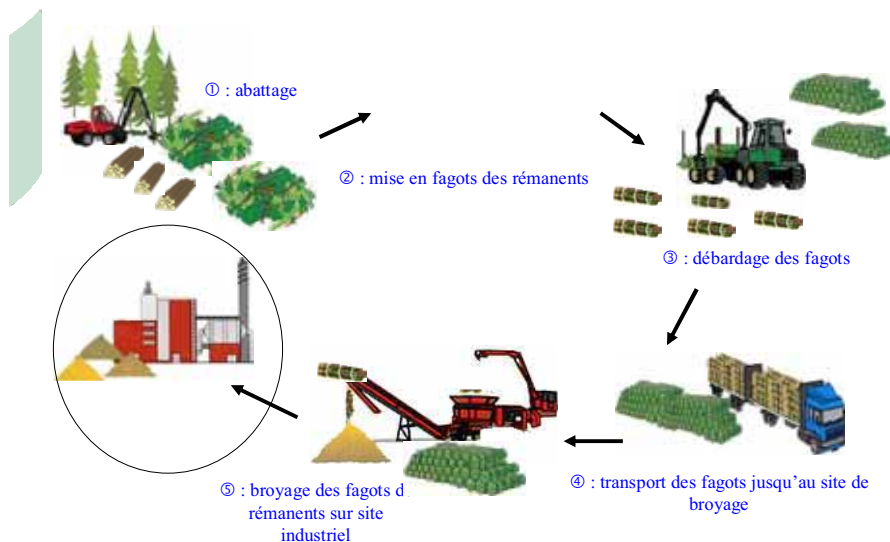
Dans les scénarios A et B avec déchiquetage sur coupe ou bord de route, les plaquettes sont transférées ou débitées dans des camions ou des conteneurs permettant le transport en chaufferie.

L'une des grandes difficultés est d'organiser cette logistique dont la productivité dépend surtout de la distance chantier /chaufferie alors que celle d'une déchiqueteuse dépend d'autres paramètres tels que la quantité de biomasse disponible par ha, la distance de débardage, le type de bois traité et son mode de rassemblement.

## Production de plaquettes bord de route



## Production de fagots à déchiqueter en usine



Par ailleurs, diverses alternatives se présentent au niveau de chacune des opérations :

- Le bûcheronnage est manuel ou mécanisé avec ou sans rassemblement des bois sous forme d'andains ou de javelles permettant leur reprise par une grue,
- Le débardage des bois ronds est réalisable par divers matériels classiques. Celui d'arbres entiers ou de cimes est possible avec des porteurs si les bois ne sont pas trop longs ou des débusqueurs à pince ou à grappin pour des arbres entiers plus longs,

- Le déchiquetage a lieu sur des bois frais ou ré-essuyés ou secs. Il est plus facile sur bois relativement frais que très secs (moins de puissance consommée, moins d'émission de fines et poussières, moins d'usure des couteaux).

- L'alimentation de la déchiqueteuse a toujours lieu à la gue, soit en axial soit en latéral selon la conception de la machine. Bien entendu certains petits matériels sont conçus pour une alimentation manuelle. Mais celle-ci s'avère pénible dès qu'il faut remuer des perches entières et même des rémanents. Cette technique est plus adaptée à des opérations d'espaces verts qu'à la production de plaquettes à échelle industrielle.

- Les déchiqueteuses peuvent être tractées ou portées par divers véhicules routiers ou tous terrains. Dans certains cas elles disposent de leur propre moteur. Dans d'autres, elles sont entraînées par le moteur du tracteur ou de l'engin qui les déplace. Les déchiqueteuses opérant bord de route sont montées sur remorque agricole ou routière, sur camion, parfois sur ampli roll. Elles atteignent des puissances élevées souvent dans la gamme de 300 à 500 Ch.

- Un « ré-essuyage » est généralement nécessaire avant déchiquetage. Il peut se dérouler d'abord sur coupe après abattage façonnage, ensuite bord de route, sur pile, après débardage. En général 4 à 6 mois suffisent pour abaisser le taux d'humidité de 50 % à 35 - 40 %

- Lorsqu'un véritable séchage est nécessaire, il a lieu d'abord à l'air libre sur bois ronds sur coupe et bord de route, ensuite sur plate forme de stockage. Après déchiquetage, les plaquettes sont stockées à l'abri ou elles continuent éventuellement à sécher si des dispositifs d'aération ont été prévus.

Compte tenu de leur foisonnement élevé il n'est pas possible de transporter des cimes, rémanents, arbres entiers sur de tels sites. Seule la solution bois ronds est jouable. Les billons peuvent être façonnés en longueurs de l'ordre de 5 à 6 m, même avec ébranchage sommaire et sans impératif de fin bout.

La livraison en chaufferie nécessite une reprise des plaquettes et un second transport. Cette filière est coûteuse car elle cumule le coût d'exploitation/transport en bois ronds avec une opération de déchiquetage/stockage/livraison.



### ●3 - Les opérations de récolte

#### 31 - L'abattage / façonnage

Diverses solutions sont possibles, en particulier selon que l'on façonne ou non d'autres produits que les plaquettes.

- S'il y a façonnage de billons ou grumes, **il faut conserver un fin bout élevé de manière à laisser du bois marchand dans les cimes.** Cela va augmenter la productivité au débardage et au déchiquetage,
- **L'abattage directionnel est impératif** et doit être conçu pour le déchiquetage ultérieur. Dans le cas contraire on aboutit rapidement à des situations inextricables.
- Le rassemblement des tiges et cimes à déchiqeter en javelles est préférable car il facilite le débardage. Une mise en andains est également possible,
- L'abattage manuel est possible dans tous les cas mais ne permet pas la constitution de javelles suffisamment grosses (trop de manutentions, bois lourds),
- L'abattage mécanisé est à privilégier mais les abatteuses groupeuses sont rares en France. Les machines de bûcheronnage sont très répandues en résineux mais encore rares en feuillus. Lorsqu'elles façonnent des bois ronds, elles permettent également de rassembler les cimes à déchiqeter.



*Cette tête abatteuse groupeuse sur pelle mécanique accumule les perches et constitue des javelles facilement récupérables par un matériel de déchiquetage ou de débardage*

#### - 32 - Le déchiquetage sur coupe

- Il est réalisable avec un ensemble sur base de tracteur agricole d'au moins 120 Ch. L'ensemble n'est pas très manœuvrant et vise plutôt des coupes rases en terrain facile.



*Cette configuration sur tracteur agricole doté d'un poste de conduite réversible et tractant une remorque élévatrice, permet un déchiquetage avec alimentation axiale*

- Des machines automotrices de récolte tous terrain, sur base de porteur, sont apparues en Suède dans les années 90. Elles servent au déchetage des cimes de résineux et bouleaux en coupes rases. Elles sont puissantes (300 à 500 Ch) mais lourdes (20 à 25 t à vide) donc à réserver à des terrains portants. Leur benne élévatrice permet de stocker 15 à 20 map de plaquettes. Cette technique est en forte régression car trop agressive pour bien des sols et coûteuse.



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



*Le concept a été repris par John Deere (Salon Bois Energie Orléans 2007)*

- La machine Silvatec ci dessous opère également sur coupe mais son alimentation est axiale.

On s'est aperçu à l'usage que ce type de machine, ainsi que les matériels Suédois ci-dessus, remplissent rapidement leur benne (souvent en moins de 15 min) puis perdent ensuite beaucoup de temps à débarker les plaquettes. On leur a adjoint un porteur « navette » chargé de cette opération de transfert bord de route. Mais le chantier nécessite alors 2 machines et 2 conducteurs fonctionnant en flux tendu. Cela est techniquement possible mais plus cher. Cette solution est en voie de disparition en France.



*La machine de récolte Silvatec, à alimentation axiale, en houpriers de feuillus*



*Le transfert de la benne dans le porteur navette qui va débarker les plaquettes et les déverser dans un camion ou conteneur*



### 33 – Le déchetage bord de route

Il a lieu après débardage préalable des tiges et rémanents par porteur. Celui-ci est sous chargé en particulier si l'on débarde uniquement des rémanents car ils foisonnent énormément (3 à 5 tonnes transportées sur des engins de capacité 12 à 14 tonnes). L'opération est chère et à limiter à des distances de débardage courtes. On améliore la situation lorsque les rémanents incluent du bois marchand. Si les bois sont longs, le débardage par débusqueur à pince ou à grue est préférable. Il présente l'inconvénient de trainer les bois au sol donc de dé affûter plus rapidement les couteaux de la déchiqueteuse.



*Un porteur Timberjack 8 x 8, capacité 14 tonnes, débardant des rémanents de taillis*



*La pile bord de route contient du bois marchand*

Le déchetage est réalisable avec diverses machines sur base agricole ou routière dotées d'une grue et d'un moteur de forte puissance. Elles débitent directement dans des camions de 70 à 90 m<sup>3</sup> qui seront chargés en 0,75 à 1,5 heure selon le type de chantier et la puissance de la machine.



*Ce tracteur de 280 CH entraine une déchiqueteuse sur sulky Jenz débitant dans une semi remorque à benne basculante*



*Içi la déchiqueteuse Bandit sur camion à 6 roues débite dans un camion à fond mouvant*

### 34 – 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, les ficelle et les tronçonne 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.

En position déployée, la machine est encombrante. En pratique, elle ne peut opérer qu'en coupe rase, soit en feuillus soit en résineux. Techniquement la machine proposée par John Deere est au point et fonctionne correctement mais la difficulté est de lui assurer un portefeuille de coupes adaptées.



*La fagoteuse John Deere Timberjack dans des rémanents de peuplier*



*Les fagots (ici en longueur 2m) se prêtent bien à un débardage au porteur*

#### ●4 – Le prix des matériels et les coûts d'exploitation

Le prix hors taxes de quelques matériels :

- petite déchiqueteuse à alimentation manuelle portée sur le 3 points d'un tracteur agricole : 20 000 à 60 000 €
- grue : 10 000 à 25 000 € selon la portée et le couple de levage
- porteur de capacité 12 tonnes : 240 000 €
- récolteuse automotrice de type Silvatec : 475 000 €
- fagoteuse John Deere Timberjack : 400 000 €
- camion à fond mouvant : 150 000 €

L'ordre de grandeur des coûts de production de plaquettes rendues chaufferie : (fourchettes de coûts techniques annoncées en 2007/2008. Il faut ajouter une marge pour obtenir les prix de marché)

- Chaufferies de petite puissance alimentées via une plate forme de stockage/séchage : 70 à 80 €/tonne brute à 25 % humidité
- Chaufferies de moyenne et forte puissance livrées directement depuis le chantier forestier : 45 à 65 €/tonne brute à 35-40 % d'humidité

De grosses variations sont enregistrées selon la typologie des chantiers des chantiers et la distance de la chaufferie.

Le coût de stockage/séchage/reprise sur plate forme est encore mal connu parce que de multiples solutions sont possibles et qu'elles conduisent à des coûts fortement liés au niveau d'activité de la plate forme, avec divers effets de seuils.

**En approvisionnement de grosses chaufferies, pour atteindre l'objectif de 15 €/MWh, il ne faut pas dépasser un coût rendu de 50 €/tonne brute** ce qui n'est pas facile avec des coûts de transport de 10 à 15 €/tonne dès que les distances dépassent 50 à 80 Km. (calcul pour des plaquettes à un taux d'humidité de 30 % avec PCI de 3 300 kWh/tonne brute).

La répartition des coûts par poste de récolte varie selon les scénarios mais trois d'entre eux pèsent généralement lourd : le transport, le déchiquetage et le débardage lorsqu'il s'agit de rémanents.

## ●5 – La productivité et les facteurs qui l'influencent

Quelques productivités au déchiquetage en map (mètres cubes apparent de plaquettes) ou en tonnes brutes par heure machine :

- 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 tracteur agricole 150 ch (1 conducteur)  
1 benne de 15 map/heure soit 5 tonnes/h
- Déchiqueteuse automotrice sur coupe type Silvatec avec porteur navette (2 machines et 2 conducteurs)  
10 tonnes/h
- Grosse déchiqueteuse 250 à 400 ch bord de route  
1 camion de 60 à 80 map en 0,75 à 1,5 heures soit 10 t/h à 25 t/h
- Très grosse déchiqueteuse (> 500 ch) à poste fixe : 30 à 50 t/h

En pratique, la forte productivité potentielle des grosses déchiqueteuses est bien souvent limitée par l'accès aux bois à déchiqueter et par la logistique d'évacuation des plaquettes.

En débardage de rémanents au porteur : pas plus de 30 à 50 tonnes/jour (ou 4 à 7 tonnes/h) à cause du très fort foisonnement des bois déjà évoqué.

En fagotage de cimes et branches : 15 à 25 fagots/heure machine

Les fagots de longueur 2 m pèsent environ 400 Kg avec de fortes fluctuations selon les produits et la durée de séchage. En pratique, la productivité sera de 6 à 12 tonnes/h.

Les principaux paramètres favorables à la productivité :

- **L' accès, la desserte, la place de dépôt sont essentiels** car il faut un espace disponible suffisant pour stocker les bois à déchiqueter, positionner les machines et permettre la manœuvre des camions sans qu'ils s'embourbent. Cela est rare ! Il faut en particulier éviter les routes en cul de sac, étroites et peu portantes, ou bordées de gros fossés ou sans accotements stables. Et il faut se souvenir que l'activité de déchiquetage a plutôt lieu en période hivernale ce qui rend certains accès aléatoires.

- La parcelle doit présenter un terrain plutôt facile (peu de pente, peu d'obstacles, bonne portance). En cas de déchiquetage sur coupe les terrains mouilleux et accidentés sont à exclure.

- **Les coupes rases sont à privilégier** pour éviter les blessures au peuplement restant. En éclaircies, de larges couloirs de cloisonnement sont impératifs. En amélioration ou TSF la circulation d'une déchiqueteuse automotrice ou d'un porteur chargé de bois longs n'est possible que s'il y a peu de réserves par hectare.

- **Un prélèvement de biomasse/ha minimal est nécessaire** comme en bois ronds où l'on sait que les coupes de moins de 50 m<sup>3</sup>/ha restent généralement invendues. 80 tonnes/ha sont souhaitables et au minimum 50 t/ha.

- **Une distance de débardage faible (< 500 m) est impérative.** Dans le cas contraire on pénalise fortement le cout d'extraction des bois ou des plaquettes.

- Une déchiqueteuse travaille d'autant mieux qu'elle absorbe des bois longs : il faut éviter de tronçonner inutilement les perches. Des perches en toutes longueurs ou des billons de 5 à 6m sont préférables à des billons de 2m.

- **Un impératif incontournable : réaliser un bon abattage directionnel et un rassemblement correct des bois.** On ne peut pas récolter des cimes et branchages si l'organisation n'a pas été pensée en ce sens. Le déchiquetage ne peut pas s'improviser à la dernière minute sur une parcelle dédiée à l'origine au bois d'œuvre et au bois d'industrie.

La plupart des paramètres favorables pour un chantier de bois ronds le sont aussi pour une récolte en plaquettes. Il donc est illusoire d'imaginer que l'on pourra récolter en plaquettes des parcelles invendables en bois d'industrie et à fortiori en bois d'œuvre.

## ●6 – La main d'œuvre et sa formation

Le bois énergie en plaquettes ne pourra se développer à une échelle significative et dans une optique industrielle qu'en mécanisant l'opération d'abattage et de rassemblement des bois.

Cette mécanisation croissante va entraîner une disparition progressive des bûcherons et aboutir à une prédominance des conducteurs parmi les personnels productifs.

Il faut évidemment former ces conducteurs dont seuls environ 30 % ont suivi un véritable cycle de formation et qui mettent en œuvre des matériels complexes et coûteux.

Un métier nouveau apparaît : conducteur de machines de déchiquetage. Bien que ces engins pourvus d'une grue soient assez voisins des porteurs et des machines de bûcheronnage, ce sont des matériels lourds et puissants, dotés de couteaux dont il faut maîtriser le réglage et l'affûtage. Outre le grutage, un savoir faire spécifique est à acquérir et nécessite une bonne formation pratique.

Les autres opérateurs doivent également s'adapter à la récolte des bois en plaquettes ainsi que les entrepreneurs et chefs de chantier qu'il faut former à ces nouvelles organisations, au cahier des charges des plaquettes et aux unités de mesure correspondantes

## ●En conclusion : les tendances lourdes et les perspectives

**Une distinction nette est à faire entre 2 systèmes de récolte :**



- la production de plaquettes à la granulométrie moyenne ou grossière et à un taux d'humidité élevé (>35 %-40 %). Elle sera réalisée en flux tendu, à partir de bois simplement re-essuyés et comportant des branchages avec des matériels lourds, très productifs, opérant plutôt bord de route. Elle fournira une clientèle de chaufferies de moyenne et forte capacité ainsi que diverses autres grosses installations de co-génération ou d'électricité.

- la production de plaquettes à faible granulométrie et bas taux d'humidité (25 %) destinées aux petites chaufferies. On s'oriente plutôt vers une récolte classique de bois ronds sous diverses formes qui sont ensuite transportés, séchés, déchiquetés et stockés sur plates formes avant livraison. L'addition des coûts de collecte, stockage et reprise y conduira à des prix élevés des plaquettes rendues chaufferie. On n'y bénéficiera pas de certaines synergies entre BO, BI et BE ni de la biomasse non marchande des rémanents.

#### **Des interrogations subsistent concernant certains systèmes de récolte :**

- Le fagotage, a priori prometteur, car il permet de conserver la logistique habituelle et de déchiqueter 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 ?

- La course à la puissance sur les gros ensembles de déchiquetage n'est elle pas excessive ?

Une quasi certitude apparaît : la forte régression des grosses machines de déchiquetage opérant sur coupe va se poursuivre. Ce scénario est pénalisé par le poids élevé des machines et donc leurs dégâts potentiels. Par ailleurs il nécessite un porteur navette que l'on avait parfois oublié dans le calcul des coûts et passe difficilement au plan économique.

**Une logistique à la fois souple et complexe est à mettre en place** en particulier au niveau du transport. Une incontournable structuration de la filière plaquettes forestières va se produire.

**Un savoir faire est à acquérir** ou à améliorer tant chez les opérateurs que chez les personnels d'encadrement.

**Des équilibres sont à trouver entre bois d'œuvre, bois d'industrie et bois énergie** qui devraient apporter des synergies. Ainsi, la mécanisation du bûcheronnage des feuillus devrait profiter à la fois au bois d'industrie et au bois énergie.

Un écueil à éviter : ne cherchons pas à récolter en plaquettes des peuplements ou des parcelles que nous sommes incapables d'exploiter en bois ronds par des moyens classiques. N'allons pas récolter du bois énergie dans les marécages ni dans les couloirs d'avalanches ! Commençons par développer et conforter la récolte en plaquettes dans les chantiers réunissant un minimum de critères favorables.