

## **Mobiliser de la biomasse forestière en zone de pente, c'est possible !**

La France s'est fixé des objectifs ambitieux de production d'énergie à partir de sources renouvelables, entre autres de la biomasse. Dans ce contexte, les forêts installées en zone de pente pourraient faire l'objet de prélèvements supplémentaires.

Cette mobilisation est possible et repose sur la récolte du bois d'œuvre et son extraction en « arbres entiers ».

Pour contacter l'auteur :

**Stéphane Grulois**  
[stephane.grulois@fcb.fr](mailto:stephane.grulois@fcb.fr)

FCBA  
Station Sud-Est  
Domaine universitaire  
BP 251  
38004 Grenoble cedex 9  
Tél. : 04 76 15 40 72

Le Grenelle de l'environnement a prévu un développement accéléré de l'ensemble des filières de production d'énergie à partir de ressources renouvelables : biomasse, éolien, solaire... L'objectif est d'augmenter de 20 millions de tonnes équivalent pétrole la production d'énergies renouvelables, afin qu'elles atteignent 20 % de la consommation totale d'énergie en 2020. Pour la filière biomasse, la forêt doit apporter une contribution significative sous la forme de tout ou partie des arbres conditionnés pour un usage énergétique.

Dans ce contexte, une mobilisation accrue de la ressource forestière est souhaitée. Les forêts installées en zone de pente, qui occupent au moins 25 % des surfaces forestières et 27 % de la ressource (hors forêts de protection non inventoriées), pourraient faire l'objet de prélèvements supplémentaires, dès lors que les équilibres économiques et environnementaux peuvent être atteints et que les outils techniques de mobilisation des bois sont identifiés et utilisés par les professionnels.

Les objectifs du projet MOBIPE<sup>1</sup> sont les suivants :

- déterminer quels sont les systèmes de récolte les plus pertinents pour la mobilisation de la biomasse issue des peuplements forestiers en zone de pente,
- tester leur faisabilité technique et économique dans les conditions d'exploitation spécifiques à la France,

---

<sup>1</sup> Ce projet de recherche fondamentale s'est déroulé de décembre 2006 à novembre 2009 (36 mois). Coordonné par FCBA, il associe également le CEMAGREF, le CFPF, l'ONF et l'UCFF. Il a bénéficié dans le cadre du PNRB d'une aide de l'ANR (Programme National de Recherche sur les Bioénergies coordonné par l'ADEME).

- évaluer leur performance (impacts sur le milieu naturel, sécurité des opérateurs, évaluation du bilan environnemental global depuis le bois sur pied jusqu'au bois rendu site de production),
- évaluer au plan conceptuel les possibilités d'évolution technologique des matériels et les évolutions organisationnelles correspondantes.

Les deux premiers points sont développés dans cet article. Les lecteurs intéressés par les autres sujets pourront consulter l'ensemble des publications du projet sur le site Internet [www.mobipe.fr](http://www.mobipe.fr).

### **Définition des systèmes de récolte adaptés aux situations de montagne**

En montagne, la plaquette forestière peut être issue de deux types de matière première :

- Des coproduits liés à la récolte du bois d'œuvre (et éventuellement du bois d'industrie associé) en arbre entier. Ce sont alors les branches et les cimes des purges qui sont déchiquetées après un stockage sur la piste où ont lieu l'ébranchage et le tronçonnage des bois.
- De tiges entières : cette situation n'a pas été vue dans les chantiers analysés dans le projet (un chantier s'apparente cependant à cette situation pour le « sous-bois » qui a été extrait en même temps que le houppier des arbres fournissant des bûches).

Les situations où l'on pourrait produire de la plaquette forestière comme unique produit sont :

- Les éclaircies de petit bois lorsque les arbres sont trop petits pour fournir du bois de trituration ou lorsque le marché de la trituration est temporairement « déprimé ».

- Les bois incendiés, qui surviennent parfois dans les massifs montagneux sous influence méditerranéenne (Alpes du Sud, Sud du Massif Central).
- Les arbres morts sur pied consécutivement aux attaques d'insectes ou à la sécheresse et qui sont devenus impropres à une utilisation en sciage.

Ce scénario 0 est repris dans l'analyse des coûts techniques pour illustrer l'impossibilité économique de ne produire que de la plaquette forestière sur un chantier de montagne.

Au final, dans le cadre du projet, trois scénarios ont paru pertinents au regard de ce qu'il est déjà possible de faire avec les matériels disponibles en France (scénario 1 et 3) ou avec un équipement de fagotage (scénario 2, qui n'a pas donné lieu à des tests durant le projet).

**Tous les scénarios sont basés sur l'extraction des arbres entiers, suivis d'un façonnage mécanique des arbres.**

- **Scénario 0** : déchiquetage des arbres entiers
- **Scénario 1** : les branches (et autres rémanents), au-delà de la découpe grume, sont déchiquetées en forêt sur la piste. Il existe une variante de ce scénario, qui consiste à trier la matière première pour l'énergie avant le déchiquetage : le bois « fort », situé entre la découpe bois d'œuvre (généralement au fin bout de 20 cm de diamètre) et la découpe 7 cm, est isolé et fournira un combustible calibré, de bonne qualité. Le petit bois (cimes et branches) fournira une autre qualité de combustible contenant des aiguilles, des fines... Cette situation n'a pas fait l'objet de mesures de productivité spécifiques dans le cadre du projet.
- **Scénario 2** : les branches sont mises en fagots en forêt, bord de piste, avec un équipement de fagotage monté sur la plateforme d'un camion. Ces derniers sont ensuite transportés jusqu'au site consommateur où ils

sont déchiquetés. La mise en fagots des branches permet de réaliser le déchiquetage en dehors de la forêt sur une place de travail. Les gains de productivité au déchiquetage sont alors très importants (x 3 d'après une entreprise suisse). Certaines installations consomment aussi directement les fagots sans broyage préalable. Ce conditionnement permet un transport optimisé des branches et cimes, avec du matériel de transport courant (celui qui transporte les billons).



*Equipement de fagotage monté sur un camion*

- **Scénario 3** : les branches sont transportées en vrac jusqu'à une place de travail en périphérie ou hors forêt pour être déchiquetées dans des conditions « industrielles », c'est-à-dire sur une place de travail de grande surface pour optimiser les opérations de transport des produits (arrivée de la matière première et évacuation de la plaquette) et de déchiquetage.

## **Approche des coûts techniques**

Concernant les opérations de récolte proprement dites, qui font intervenir des engins d'exploitation, le calcul des coûts s'effectue de la façon

suivante : coût technique journalier de l'opération / production journalière d'une opération.

Le coût technique comprend :

- les frais de personnel (y compris les frais de déplacement),
- les charges fixes liées à l'utilisation et au financement d'un engin (amortissement, frais financiers, frais d'assurance),
- les frais de fonctionnement : entretien, réparation, consommation de carburants et lubrifiants.

Rappelons ici la différence entre le coût technique et le prix d'une prestation. Le prix est le résultat d'une négociation commerciale entre le donneur d'ordre et l'entreprise de débardage. Il comprend des frais généraux (téléphone, frais de comptabilité, quote-part pour la rémunération du chef d'entreprise...) et la marge bénéficiaire de l'entreprise. En utilisant le coût technique lors des comparaisons sur les coûts des systèmes d'exploitation, on s'affranchit ainsi de la structure et de la « politique commerciale » propre à chaque entreprise. Dans ce qui suit, les analyses se basent uniquement sur les coûts techniques.

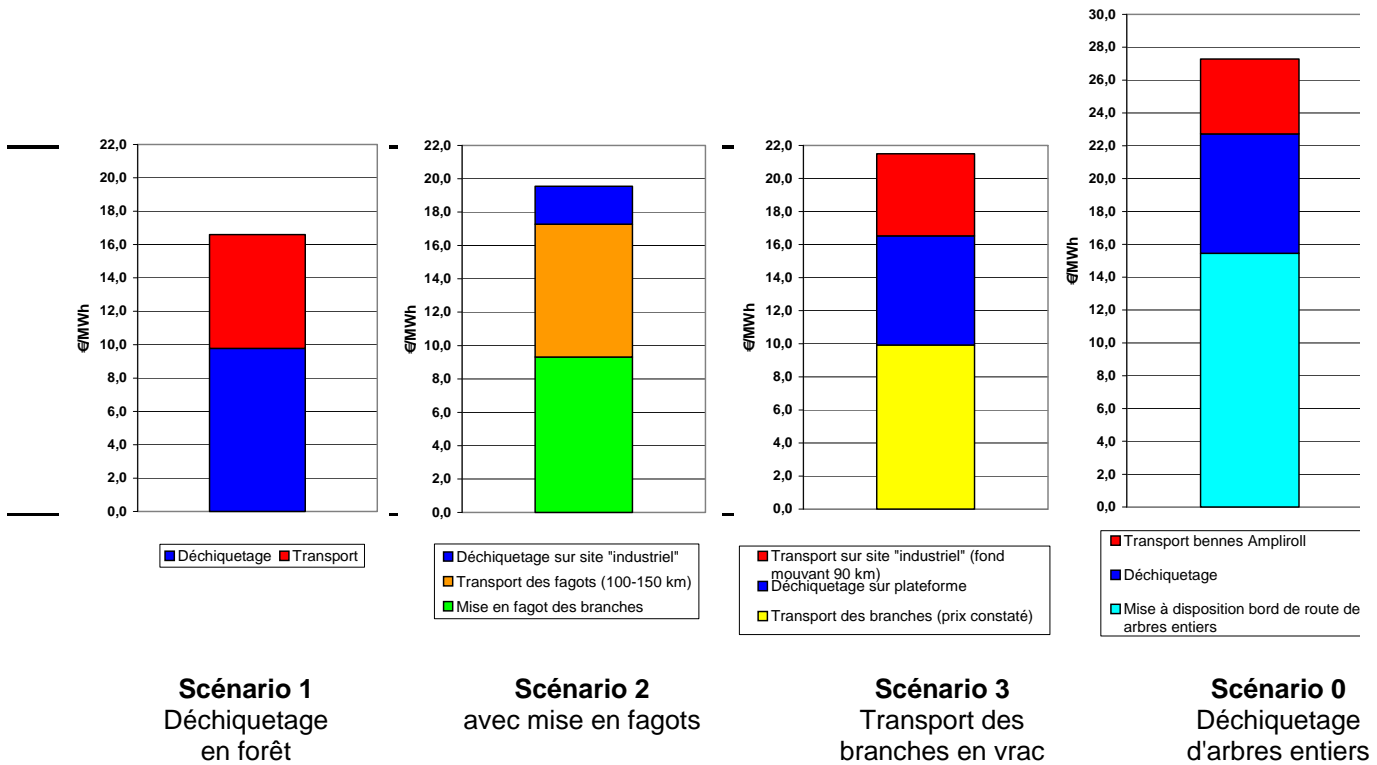
Les hypothèses de calcul en termes d'heures de travail sont de 8 heures de présence par jour et 180 (câble-mât) à 200 (skidder) jours de travail par an. Les engins « de reprise » (pelle + tête de façonnage ou skidder qui évacue les bois) sont affectés d'un taux d'utilisation de 50 %.

- ▶ Dans les scénarios 1, 2 et 3, nous considérons que le coût de production de la plaquette forestière est celui des transports (des branches, des fagots s'il y a lieu et de la plaquette) et du conditionnement des rémanents (déchiquetage-broyage, mise en fagot s'il y a lieu), du fait que le chantier est économiquement initié et équilibré par la récolte de bois d'œuvre.



***Chargement des branches dans des bennes***

Dans le cas du déchiquetage d'arbres entiers (scénario 0 non testé), les coûts de bûcheronnage (abattage manuel) et de débardage sont imputables à la production de plaquettes bois-énergie et s'ajoutent aux coûts du/des transports (des arbres entiers ou ébranchés jusqu'à une plateforme de conditionnement de la plaquette). Dans ces conditions, les coûts de récolte sont incompatibles avec les prix de marché de la plaquette forestière. Pour un déchiquetage des arbres entiers, une aide financière des collectivités est donc nécessaire. L'évaluation des coûts techniques est résumée sur les graphiques suivants. Dans tous les cas, la plaquette est livrée ou fabriquée (scénario avec mise en fagots) sur le site de consommation.



Les coûts techniques se situent entre 17 et 22 €/MWh pour un combustible à 50 % d'humidité. Ce niveau semble compatible avec les prix du marché actuel. Cependant, les sites consommateurs pour ce type de combustible (issu de branches) sont encore rares dans certaines régions françaises.

- ▶ Au cours du projet, il est apparu nécessaire d'apporter des éléments de comparaison des coûts entre le système d'exploitation classique en « grande longueur », où les arbres sont ébranchés et écimés sur le parterre de la coupe, et le système d'exploitation en « arbre entier ».



Sur la base d'un débardage par câble aérien, l'analyse montre que :

- Au débardage, l'impact d'une baisse du volume de bois d'œuvre par cycle de débardage, lié au fait que l'on transporte également les cimes et les branches, génère un surcoût de moins de 5 % (sur une base d'environ 30 €/m<sup>3</sup>).
- Au bûcheronnage, le surcoût du façonnage manuel sur coupe (ébranchage et écimage) est de l'ordre de 40 % plus cher qu'un façonnage mécanisé bord de piste. Pour cette comparaison, nous avons considéré un surcoût de fonctionnement de l'engin de reprise des bois (pelle TP qui est maintenant l'équipement minimum des entreprises de débardage par câble dans les Alpes) qui est équipé d'une tête de façonnage plutôt que d'un grappin simple.

Sur les deux opérations – bûcheronnage et débardage – le bilan est nettement en faveur du système « arbre entier ». C'est également le système le plus sécurisé pour les opérateurs et il est devenu inéluctable face à une raréfaction de la main d'œuvre pour le bûcheronnage.

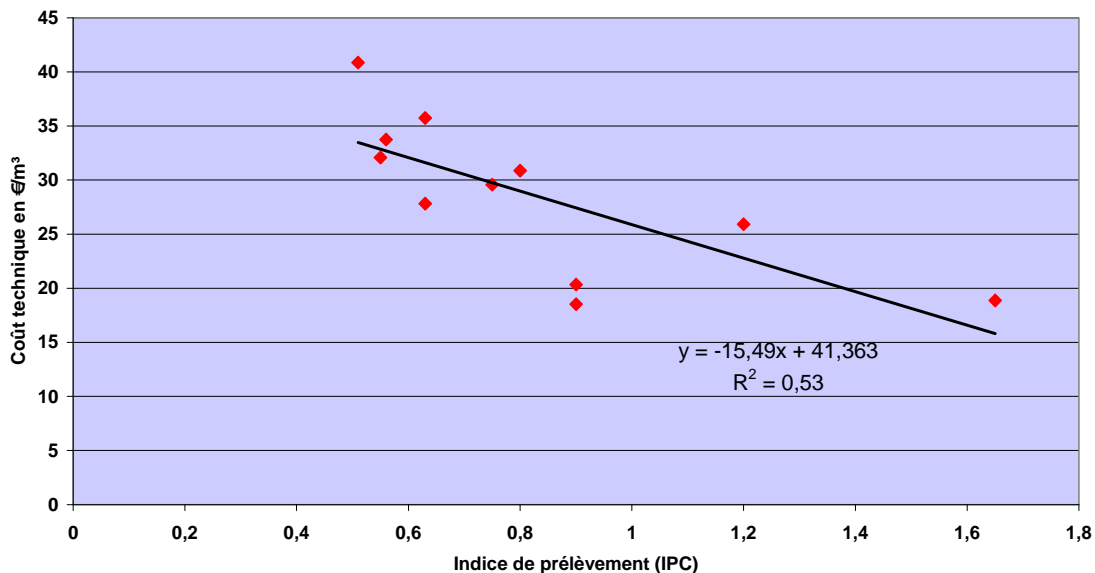
## **Quelques enseignements et préconisations tirés des chantiers expérimentaux**

### **• Indice de prélèvement**

Dans le cadre du projet, un focus a été effectué sur le débardage par câble des résineux. L'analyse montre que le prélèvement, exprimé en mètres cubes par mètre linéaire de ligne installé est un facteur très important, expliquant une grande part du coût technique du débardage et finalement de l'équilibre économique d'une coupe. Idéalement le niveau de l'IPC (indice de prélèvement pour les coupes à câble, exprimé en m<sup>3</sup>/ml) doit se situer à 1m<sup>3</sup>/ml. Ce chiffre peut être légèrement inférieur dans certaines conditions

d'exploitation et pour le système « arbre entier ». En effet, la distance de débusquage, au maximum de 40 m de part et d'autre du câble porteur, est souvent réduite du fait des difficultés à accrocher les arbres par les cimes lorsqu'elles ne sont pas ébranchées.

**Coût technique du débardage par câble mât  
en fonction de l'indice de prélèvement**



- **Enlèvement des produits**

C'est un point fondamental en montagne où la place fait souvent défaut. Une évacuation régulière des produits limite les risques d'engorgement des zones de stockage et empêche l'interruption des travaux. C'est donc un élément important, conditionnant un bon taux d'utilisation des matériels et, in fine, générant une baisse du coût technique de l'ensemble des opérations. Cette préconisation est valable tant pour le bois d'œuvre que pour les autres produits (fagots de branches, plaquettes).



***Perspectives : façonnage du bois d'œuvre en billons (ici en Suisse)***

Le billonnage des arbres sur la piste juste après le débardage est pratiqué dans les autres pays de l'arc alpin, avec des équipements rassemblés sur la plateforme d'un camion (**photo ci-contre**). Les billons peuvent être stockés « en travers de la piste » derrière le camion porte-outil. Le stockage et la manutention des bois sont facilités ; la logistique

d'évacuation reste néanmoins un point conditionnant la performance globale du système.

- **Chokers à ouverture automatique**



Des élingues munies de chokers à ouverture automatique ont été testées pendant le projet. L'utilisation des chokers automatiques apporte un confort d'utilisation indéniable dans le débardage au câble aérien. C'est au poste de décrochage que les conditions de travail s'en trouvent améliorées. L'opérateur peut continuer son activité en cours (façonnage, rangement des bois...) lorsque la charge arrive, puisque la libération du choker se fait à distance depuis un boîtier radiocommandé installé dans la cabine de l'engin de reprise. De cette façon, le chariot ne reste plus en

attente sur la place de dépôt et repart rapidement vers le poste d'accrochage. L'élingue se libère lorsque le bois touche le sol, elle se détend et l'ouverture automatique du choker est alors possible. Le temps passé à la phase de décrochage est considérablement réduit. Il est également important de préciser, qu'au-delà du confort d'utilisation et des différences de rendement potentiel, les chokers automatiques améliorent les conditions de sécurité sur les chantiers de débardage par câble-mât. Le décrocheur peut libérer la charge à distance, dans une zone de sécurité. Une possibilité d'autant plus appréciable pour les chantiers à la remontée des bois, où les grumes sont souvent déposées en équilibre au bord du talus.

## Conclusions et perspectives

La mobilisation de la biomasse résineuse à destination de l'énergie est possible en zone de pente. Elle repose sur la récolte du bois d'œuvre et son extraction en « arbres entiers ». Le façonnage mécanisé rend les rémanents disponibles en bord de piste. Ils peuvent être alors conditionnés en plaquettes forestières.

Les avantages de ce schéma découlent de la **production en synergie du bois d'œuvre et du bois énergie** :

- utilisation du débardage par câble avec un report des coûts afférents sur le bois d'œuvre, produit le mieux valorisé par les marchés et déclencheur de la coupe. Le système d'exploitation bénéficie du bon bilan environnemental du câble téléphérique.
- mécanisation du façonnage avec des retombées positives en termes d'ergonomie et de sécurité des opérateurs,
- mise à disposition bord de route de co-produits – les rémanents, les cimes, les bois tarés – à coût nul, la matière première étant également cédée à titre gratuit par les propriétaires forestiers.

Au final, seuls des coûts de conditionnement et de transport sont reportés sur la biomasse énergétique et le bilan des coûts techniques, entre 17 et 22 €/MWh (valeurs médianes de trois systèmes testés), est compatible avec les prix du marché actuels.

MOBIPE a également permis de réfléchir à un nouveau concept d'équipement de récolte rassemblant une tête de façonnage et un équipement de fagotage sur la plateforme d'un camion. Ce matériel compact, capable de travailler sur piste de largeur 4 m, a fait l'objet d'un dépôt de brevet par le CEMAGREF.

Le consortium a mené des actions de transfert des résultats du projet, se concrétisant notamment par la rédaction d'un document sur l'adaptation de la sylviculture aux nouvelles modalités de récolte et d'un référentiel de formation pour les opérateurs du câble-mât (documents disponibles sur le site [www.mobipe.fr](http://www.mobipe.fr)).

### **Et maintenant ?...**

Une étude récente<sup>2</sup> chiffre les moyens matériels et humains nécessaires pour l'atteinte des objectifs de mobilisation de bois à l'horizon 2020 (+ 20 millions de m<sup>3</sup>). Le nombre d'équipements nécessaires en câbles-mâts dépasse les 350 pour un nombre d'opérateurs associés au moins égal à 700. Comment faire pour déployer ces systèmes ?

1. La mobilisation de la biomasse énergie en montagne passe par la mobilisation du bois d'œuvre. Tout ce qui contribue à développer les

---

<sup>2</sup> JP Laurier, A. Thivolle-Cazat, E. Le Net, FCBA 2008. Evaluation de l'emploi lié à la mobilisation de bois supplémentaire 2012 et 2020. Convention DGFAR du 4 avril 2008.

marchés du bois d'œuvre pourra également favoriser la récolte de la biomasse énergie.

2. Les entreprises de travaux forestiers et les exploitants forestiers ont besoin d'être rassurés sur la ressource disponible et l'engagement des gestionnaires forestiers à vendre leur bois.
3. L'appropriation des techniques passe par des opérations de démonstration et de prise en main des équipements.

A titre d'exemple, la démarche initiée par les acteurs du département de la Drôme illustre parfaitement le type de plan d'actions qu'il faut déployer pour favoriser l'émergence de projets dans les territoires.

Le Conseil Général de la Drôme étudie actuellement la possibilité d'aider financièrement les coupes exploitées par câble. Sa décision sera notamment liée à l'engagement des détenteurs de la ressource à mettre à disposition des volumes et des surfaces permettant de rentabiliser à terme l'investissement que pourrait réaliser une entreprise. Une étude sur le potentiel réel des volumes mobilisables par câble va donc être lancée début 2010. Elle permettra ainsi aux entreprises forestières de disposer de données concrètes, aussi bien quantitatives que qualitatives, sur le marché potentiel. Ils pourront décider ainsi plus facilement s'ils souhaitent s'orienter ou non vers le débardage par câble-mat.

De plus, comme la CCI de la Drôme l'a déjà fait dans le cadre du plan bois énergie en investissant dans une déchiqueteuse à plaquettes, elle est prête à renouveler l'opération pour dynamiser le débardage par câble-mat. Ainsi, la CCI réaliserait l'investissement dans un câble-mat qu'elle louerait ensuite aux entreprises intéressées. Cette location serait précédée par une opération de formation des opérateurs, réalisée par le CFPF, afin que les

professionnels concernés puissent vérifier préalablement si cette nouvelle technique de récolte répond à leurs besoins et à ceux de leurs clients. Les caractéristiques du matériel acheté dépendront directement du ou des scénarios types retenus, dans le cadre du projet MOBIPE, en fonction de la configuration des coupes à exploiter.

**Pour en savoir plus** : consultez le site [www.mobipe.fr](http://www.mobipe.fr), avec l'ensemble des rapports finaux publics et les fiches de chantier.