



**HAL**  
open science

## Les acquis des séminaires préparatoires sur les aspects technologiques -

D. Revalor

► **To cite this version:**

D. Revalor. Les acquis des séminaires préparatoires sur les aspects technologiques -. Forêt Méditerranéenne, 2010, XXXI (2), pp.163-168. hal-03556100

**HAL Id: hal-03556100**

**<https://hal.science/hal-03556100v1>**

Submitted on 3 Feb 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Les acquis des séminaires préparatoires sur les aspects technologiques

par Denis REVALOR

***Le séminaire préparatoire consacré aux questions technologiques et organisé dans le cadre de la préparation des journées "Energie - Forêt - Territoires" a eu lieu le 19 mars 2009 à Oppède dans le Vaucluse. Patrick Ollivier, Pascal Léon, Tiziano Panini et Isabelle Pamart nous y avaient apporté des informations sur le fonctionnement des chaufferies bois, les différents types de bois énergie et sur l'approvisionnement. Lors du colloque final, Denis Revalor nous a présenté les éléments de connaissances recueillis lors de ce séminaire.***

Le séminaire consacré aux aspects technologiques était divisé en deux grandes parties.

Il s'agissait tout d'abord de réunir le socle de connaissances indispensables pour appréhender le domaine du bois énergie, puis d'examiner plus en détails la place qu'y occupe la plaquette forestière, tout particulièrement en région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

La journée se composait de 14 séquences regroupées en 5 chapitres dont plusieurs, qui ont fait l'objet de développements spécifiques lors du colloque final, sont présentés dans ces pages par leurs auteurs. Ils ne seront donc qu'effleurés ici.

## Notions générales indispensables

Tout d'abord, il y a lieu de bien préciser ce qu'est le bois énergie, et pourquoi il nous intéresse aujourd'hui plus qu'hier.

C'est l'ensemble des ressources ligneuses d'origine forestière, agricole ou urbaine (également appelées "biomasse"), dont la vocation essentielle est la couverture des besoins énergétiques des ménages, des entreprises ou des collectivités.

Avec le bois d'œuvre et le bois d'industrie, le bois énergie constitue la troisième composante de la filière bois. Fraction combustible de la biomasse, le bois de feu (bûches...) et les déchets ligneux représentent une source d'énergie importante au niveau mondial.

Participant au cycle du carbone, il est neutre à cet égard.

Avec 9 millions de TEP<sup>1</sup>, le bois est la première source d'énergie renouvelable en France.

1 - TEP : Tonnes d'équivalent pétrole

## La chaufferie bois et son fonctionnement

Ce qu'il faut retenir, par rapport à l'image que nous avons tous en tête, c'est que la chaufferie bois moderne est automatisée tout comme une chaufferie au fuel ou au gaz.

Ainsi, le bois est approvisionné comme un fluide, en continu par une vis sans fin. La combustion se fait dans une chaudière étanche de façon à maîtriser l'apport d'air. Celui-ci est injecté dans le foyer, de façon à assurer la totale combustion.

Quelques particularités cependant : la gestion des cendres, elle-même automatisable, et celle des poussières de fumées. De ce fait, l'exploitation reste un peu plus lourde que celle d'une chaufferie au fuel ou au gaz. À titre d'exemple, il faut vérifier quotidiennement que l'approvisionnement se fait normalement.

Au final : un investissement plus lourd, mais dont l'amortissement est ramené au ratio habituel par les subventions ; un coût de l'énergie bien plus faible et moins sensible aux fluctuations, mais un coût d'exploitation plus élevé ; l'ensemble devant dégager cependant 5 à 10 % pour être attractif.

### L'élément clé de l'approvisionnement : le pouvoir calorifique inférieur (PCI)

Pour que le maître d'ouvrage soit certain de faire des économies, il lui faut avoir un combustible aux caractéristiques énergétiques connues. Pour que la combustion puisse être automatisée et optimisée, il faut que le taux d'humidité du bois soit connu, c'est-à-dire la quantité d'eau qui va s'évaporer lors de la combustion. L'élément clé pour caractériser le combustible bois sera son PCI : son pouvoir calorifique inférieur (on dirait "supérieur" si on était capable de récupérer l'énergie perdue dans cette évaporation). Le PCI dépend donc beaucoup du taux d'humidité.

On recherchera donc un taux aussi faible que possible, qui donne de meilleures conditions de fonctionnement et de rendement de la chaudière. En outre un bois sec permet une économie du simple au double sur les transports et les volumes de stockages (ou la fréquence des livraisons).

## Le bois en tant que produit énergétique

### Les différents types de bois énergie mobilisables et leurs caractéristiques

Nous devons avoir à l'esprit les différentes ressources, du bois de première utilisation issu de la forêt aux bois recyclés en passant par les déchets de transformation.

Rapidement, on peut dire que les écorces sont très humides (>65%), que les sciures sont très prisées pour la fabrication des granulés, que les délignures, dosses et autres chutes de sciage sont très bonnes, que les chutes de menuiserie sont très foisonnantes (coût de transport élevé et risque d'embrasement trop rapide en chaudière) et peuvent être souillées par colles et vernis...

On retiendra :

- les broyats de palettes, emballages et autres bois recyclés de classe A<sup>2</sup> doivent être soigneusement triés et déferrailés. Ils sont très utiles en mélange pour compenser l'humidité des plaquettes forestières ;

- les broyats de bois recyclés de classe B sont interdits en chaufferie ;

- les granulés ont un excellent PCI ( $\approx 5000$  kWh/t) pour un coût moitié du fuel ou du gaz. Ils sont donc bien adaptés aux particuliers, notamment dans les poêles. Mais leur fabrication est consommatrice d'énergie. De plus ils sont souvent importés car ils nécessitent de grandes quantités de sciure, insuffisamment disponibles en France. Ils ont donc un impact environnemental peu favorable<sup>3</sup> ;

- les plaquettes forestières peuvent être issues des rémanents ou des bois ronds. Elles imposent des techniques de récolte très spécifiques : séchage 4 à 6 mois sur coupe ou bord de route, broyage sur place avec évacuation immédiate pour éviter les ruptures de charge ou sur plate-forme avec reprise. La logistique est donc complexe.

### À chaque utilisateur son type de bois énergie

En résumé, on réservera de préférence les granulés à un usage domestique épisodique ou de faible puissance.

En chaufferie on peut distinguer trois types d'utilisateurs :

2 - Les bois recyclés sont classés selon les traitements qu'ils ont subis. Schématiquement, sont de classe A ceux exempts de tout traitement. Ils sont de classe B lorsqu'ils ont subi des traitements chimiques liés à leur premier usage susceptibles de dégager des pollutions lors de la combustion, que l'on ne sait éliminer que dans les installations spécialement équipées.

3 - Des études récentes semblent montrer que la production directe à partir de bois ronds ne serait plus à exclure car son impact ne serait pas aussi défavorable qu'on l'imaginait a priori.



– le **particulier** qui chauffe une ou quelques constructions proches, utilisera de la plaquette forestière en autoconsommation ou livrée en direct ;

– les **chaufferies moyennes ou grosses** souhaitent disposer d'un produit parfaitement défini. Elles seront approvisionnées depuis des plates-formes capables de livrer plusieurs clients en plaquette forestière, pure ou en mélange selon le cas. Cette fonction de négoce avec valeur ajoutée sera assurée soit par la structure de production des produits forestiers (coopérative, par exemple), soit par une entreprise dédiée (préparation puis distribution comme pour le fuel ou de gaz en citerne) ;

– les **très grosses chaufferies** utilisent du produit brut (éventuellement préparé sur site).



### Les prix des produits de bois énergie, comparés aux autres énergies

La difficulté principale vient du fait que le forestier vend des tonnes ou des m<sup>3</sup> de bois, tandis que le client achète de l'énergie. Comme la conversion dépend fortement du taux d'humidité, la gymnastique est un peu pénible.

Les prix observés s'étagent de 12 à 28 euros/MWh rendu chaufferie, soit 33 à 100 euros/t pour du produit entre 30 et 40% d'humidité (Source RBM).

C'est, à mon sens, cet ordre de grandeur de 20 euros/MWh qu'il faut retenir en première approximation, sachant que le prix à la tonne sera environ le triple (pour du produit entre 30 et 35 % d'humidité).

Pour évaluer la faisabilité d'un approvisionnement, il faut rapprocher ces prix du coût de la plaquette rendue en chaufferie.

On retiendra que la plaquette pure (sans mélange avec des bois recyclés) pourra d'au-



#### Photos 1, 2 et 3 :

Différents types de bois, de haut en bas :

- bois recyclés de classe B, ils sont interdits en chaufferie ;
- les palettes doivent être triés et déferrillées ;
- les plaquettes forestières sont issues de bois ronds ou de rémanents

Photos DA

- 4 - Comité Interprofessionnel du Bois énergie.
- 5 - Commission de régulation de l'énergie : Autorité administrative indépendante chargée de veiller au bon fonctionnement des marchés de l'électricité et du gaz en France. Dans le cadre de la programmation pluriannuelle de la production d'électricité, si les capacités de production ne répondent pas aux objectifs par le simple jeu des initiatives des opérateurs, le ministre chargé de l'énergie peut recourir à un appel d'offres, que la CRE a la charge de mettre en œuvre. La CRE assure ainsi la rédaction du cahier des charges, le dépouillement des offres et émet un avis sur les candidats, parmi lesquels le ministre choisit. CRE 1, 2 et 3 sont les appels à projets déjà lancés à ce titre pour des centrales de génération d'électricité à partir de biomasse. Leur cahier des charges prévoit le rempli de la chaleur résiduelle (co-génération).
- 6 - Société coopérative d'intérêt collectif
- 7 - Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie. Établissement public qui participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable.  
Institut technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement.
- 8 - Il permet aux secteurs forêt, pâte, bois et ameublement de disposer d'un outil voué à l'innovation par l'amélioration des synergies entre les différents maillons de la filière.
- 9 - Union de la Coopération forestière française, qui regroupe les coopératives, généralement régionales.

tant mieux se placer qu'elle sera à faible taux d'humidité et si possible comme produit fatal, la ressource étant payée pour l'essentiel par des usages plus rémunérateurs (bois d'œuvre ou bois d'industrie).

Pourtant, à 20 euros/MWh, le bois reste très compétitif par rapport au fuel. Mais la différence est absorbée par la conduite de la chaufferie. Subsidiairement, on voit là l'intérêt des forestiers eux-mêmes à encourager le perfectionnement des chaudières.

### **Comment s'approvisionner en bois énergie ?**

#### **La constitution et le fonctionnement d'un approvisionnement**

À l'origine, on achetait au volume ou au poids, en acceptant granulométrie et humidité tels quels. Puis on a cherché à avoir une humidité donnée, et introduit des pénalités si on s'en écartait. Vite le recours au PCI s'est imposé, pour finalement tendre vers l'achat de MWh et non plus de tonnes ou m<sup>3</sup>. À présent, on peut encore affiner : granulométrie et humidité peuvent être optimisées avec des tolérances, et les taux de fines et de cendres imposés. On tend donc progressivement vers un combustible régulier au pouvoir calorifique identifié, calibré, et aux autres caractéristiques définies de plus en plus précisément ; bref offrant la même régularité qu'un fuel ou que le gaz.

Pour avoir cette régularité, il faut la rendre contractuelle, ce qui suppose un appel d'offres sur un cahier des charges précis. Les conditions de disponibilité, délais et volumes unitaires de livraison, fréquences, etc. devront être précisés, mais pas seulement. Le CIBE<sup>4</sup> en a dressé une check-list.

Cette évolution entraîne l'orientation vers des plates-formes de (préparation-)stockage et distribution en substitution des livraisons en flux direct depuis le lieu de production, et l'apparition de la fonction d'approvisionneur, assurant l'interface amont avec la ressource et à l'aval avec les chaufferies, en palliant aux aléas.

En résumé : les tendances sont le développement massif de la plaquette, la multiplication des plates-formes, le développement de la recherche pour une meilleure caractérisa-

tion des combustibles bois, et la volonté d'intégrer à cette ressource la dimension territoriale.

Enfin, certains acteurs prônent le développement de nouveaux combustibles (TCR et TTCR), mais on dispose encore de peu de connaissances sur ces produits (Cf. article p. 137).

### **Les structures régionales collectives de mobilisation**

On peut distinguer quatre types de structures de mobilisation et approvisionnement :

- les structures nationales, et leurs antennes régionales, parmi lesquelles on peut citer : EnerBoisCoop, Bois Energie France, ONF énergie, l'UCFF... ;
- des structures régionales, qui relèvent de la volonté de constituer des pôles crédibles d'approvisionnement au niveau régional, par mise en réseau d'entreprises du bois ;
- les regroupements de fournisseurs, pour répondre sur un projet précis (type CRE<sup>5</sup>) ;
- les structures locales, issues d'une volonté politique à l'échelle d'un territoire ou d'un projet.

Elles peuvent être publiques ou privées. Leur structure juridique doit être souple pour permettre facilement l'entrée et la sortie de membres, mais robuste : la SCIC<sup>6</sup> semble la mieux adaptée. Elles regrouperont tout ou partie des acteurs de la filière : propriétaires forestiers, collectivités, exploitants forestiers, scieurs mais aussi agriculteurs, industriels du bois, recycleurs et professionnels de la gestion d'approvisionnements et de la logistique.

Pour éviter les risques de position dominante, on limitera le capital au strict nécessaire pour les investissements de plateforme, réparti de façon paritaire. Enfin, une clause d'exclusivité d'apports est indispensable, ainsi qu'une bonne entente entre les partenaires !

### **La normalisation**

Le besoin de caractériser le combustible a conduit à établir des normes et référentiels. La démarche, initiée par l'ADEME<sup>7</sup> en 2006, s'est appuyée sur la norme CEN 335 "biocombustibles solides". Elle a été conduite par le FCBA<sup>8</sup> et UCFF<sup>9</sup> avec les professionnels du CIBE, en croisant la norme avec les cri-



tères commerciaux pour caractériser les produits en entrée de chaudière.

En sont issus quatre référentiels disponibles sur le site de l'ADEME :

- Combustibles bois énergie (chapitre 1) : éléments généraux qui structurent l'approche ; ces éléments sont repris pour établir un référentiel par grands types de combustibles ;
- Plaquettes forestières (chapitre 2) ;
- Connexes des industries du bois (chapitre 3) ;
- Produits en fin de vie (chapitre 4).

### La cogénération

Il s'agit de produire dans une même centrale de la chaleur et de l'électricité à partir de la biomasse.

Il existe trois types de centrales de cogénération, selon le procédé utilisé :

– l'incinération et la combustion produisent de la vapeur, qui fait tourner une turbine sur laquelle est couplé un alternateur. La vapeur dégradée est ensuite valorisée sous forme de chaleur dans des circuits à plus basse température ;

– la méthanisation produit du gaz combustible qui alimente un moteur, sur lequel est couplé l'alternateur. La valorisation thermique se fait sur les gaz d'échappement ;

– la pyrolyse produit un mélange de gaz combustibles ou non qui, après séparation, sont valorisés comme dans les procédés précédents (moteur, chaudière et échangeur).

C'est ce type de centrale qui fait l'objet des appels à projets de la CRE.

Mais il existe aussi des centrales "industrielles de production d'électricité" (donc hors CRE).

### Le cas de la plaquette forestière

#### L'offre et la récolte

#### Les techniques de récolte

Il existe diverses méthodes de récolte, selon que l'on broie sur le parterre de la coupe, en bord de route ou sur une plateforme, et avec ou sans fagotage. Le choix dépend essentiellement du type d'exploitation, très lié au relief, et du choix de ne

broyer que les rémanents, l'arbre entier ou les billons.

Si l'on s'en tient aux rémanents, en l'état actuel, une tendance lourde se dégage pour le broyage en bord de route. La technique du fagotage n'a pas donné de résultats satisfaisants (SYLVATEC *et al.*).

En revanche, la volonté de mécaniser la récolte des résineux conduit à différencier trois phases. L'abatteuse sépare les fûts de leurs rémanents. Les bois ronds sont évacués, tandis que les rémanents sont laissés sur coupe et perdent leur aiguilles, avant d'être collectés plusieurs mois après, pour être broyés en bord de route directement dans les bennes et évacués.

Les coupes de feuillus obéissent à une logique un peu différente liée à la meilleure valorisation des bois marchands.

Le choix se fera en fonction de l'accessibilité des engins sur la coupe (abatteuse, porteur, fagoteuse éventuelle, broyeur) selon le type et la densité du peuplement, le relief et la saison, en songeant à minimiser l'impact des engins sur le sol de la coupe.

### La récolte de plaquettes forestières en France et en forêt méditerranéenne

Un rapide aperçu sur les statistiques montre une lente progression du bois énergie, mais surtout un pourcentage en forte augmentation dans la production totale de bois.

En particulier, lorsqu'une volonté politique est présente, la filière peut s'organiser et

**Photo 4 :**  
Récolte de rémanents en bord de route  
Photo FCBA



cela donne d'excellents résultats, comme dans les Pyrénées-Orientales.

Quelques exemples de coûts de production montrent que la plaquette revient à environ 60 à 100 euros/t.

En revanche, s'il y a un enjeu de DFCI, on devrait pouvoir répartir les coûts marginaux des différents usages, la valorisation de la plaquette se faisant alors dans de meilleures conditions.

### L'évaluation du potentiel de récolte de bois énergie en forêt méditerranéenne et la méthode d'évaluation de la biomasse forestière de l'IFN-FCBA-Solagro

Deux outils d'évaluation du potentiel ont été présentés, l'un à l'échelle macroscopique, l'autre à l'échelle du territoire de projet.

L'outil développé par l'Inventaire forestier national (IFN) avec l'association SOLAGRO propose de réaliser des projections macro-économiques, qui doivent être ensuite affinées par des études détaillées à l'échelle opérationnelle.

Le but est d'évaluer à partir des données de l'IFN et des prélèvements actuels, les gisements de rémanents actuel et futur mobilisables pour la production de plaquettes, évitant ainsi la concurrence avec les autres usages du bois.

La mise en place de scénarios technico-économiques permet d'extraire du gisement brut la part mobilisable. En effet, selon le prix qu'on est prêt à payer le MWh, on pourra extraire des bois dans des conditions plus ou moins difficiles. Ainsi, cinq scénarios ont été analysés entre 14 et 26 euros/MWh, qui conduisent à des mobilisations de 20 à 80 % du gisement brut.

### ***Le développement des besoins et la façon d'y satisfaire***

#### **L'inventaire des chaufferies existantes ou en projet en région Provence-Alpes-Côte d'Azur La pérennité de la ressource**

Avant de présenter l'outil d'évaluation du potentiel de bois énergie à l'échelle d'un territoire développé par l'Union Nationale des

Associations de Communes Forestières, un rapide aperçu sur la situation du bois énergie en Provence-Alpes-Côte d'Azur a été donné.

La ressource a été évaluée en 2008, hors incidence économique du marché, selon l'hypothèse que 75 % du résineux d'industrie aujourd'hui non exploité pouvait être mobilisé. Ceci conduit à 723 000 m<sup>3</sup>/an, soit plus de 10 fois le prélèvement actuel.

### **Exemple de plan d'approvisionnement d'un territoire selon la méthode des Communes forestières : le PAT d'Embrun**

Pour assurer cette mobilisation, se mettent en place des démarches territoriales. La méthodologie proposée par l'Union nationale des Associations de Communes forestières est le Plan d'approvisionnement territorial (PAT).

Au delà de l'aide à la décision de faire, il donne aux élus tous les éléments nécessaires pour faciliter la conclusion de contrats d'approvisionnements.

**D.R.**

### **Sources et références utiles :**

D'après les interventions de :  
Isabelle Pamart (CoFor)  
Patrick Ollivier (RBM)  
Pascal Léon (SITA Négoce)  
Tiziano Panini (Coopérative Provence Forêt)

Sites utiles :  
[www.cibe.fr](http://www.cibe.fr)  
[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)  
[www.ifn.fr](http://www.ifn.fr)  
[www.boisenergie.ifn.fr](http://www.boisenergie.ifn.fr)  
[www.ofme.org/bois-energie](http://www.ofme.org/bois-energie)  
<http://portail.fncofor.fr/>  
[www.foret-mediterranee.org/](http://www.foret-mediterranee.org/)

Denis REVALOR  
Propriétaire forestier  
Membre de  
l'Association Forêt  
Méditerranéenne  
Mél : [denis.revalor@wanadoo.fr](mailto:denis.revalor@wanadoo.fr)