

Mots clés

- Biomasse
- Energie
- Finlande
- Rémanents
- Souche

Valorisation énergétique de gisements inexploités de biomasse en Finlande

En Finlande, le développement de l'utilisation des énergies renouvelables (ENR) est fortement encouragé par les pouvoirs publics. En 1995, la part des ENR représentait 21 % de la consommation totale en énergie primaire, l'équivalent de 6,1 millions de tep (tonne équivalent pétrole). Le plan d'action (Action Plan for Renewable Energy Sources), lancé en 1999 par le Gouvernement finlandais, et révisé en 2002, prévoit d'augmenter de 50 % la part des ENR en 2010 et de doubler leur utilisation à l'horizon 2025 (12,3 millions de tep).

L'utilisation de la biomasse d'origine forestière (rémanents forestiers, souches) jouera un rôle majeur pour atteindre ces objectifs et ainsi, contribuer à respecter les engagements de réduction des émissions de gaz à effet de serre, prévus dans le protocole de Kyoto.

Un programme ambitieux a été lancé pour favoriser l'utilisation de gisements inexploités de biomasse forestière, sans pénaliser les utilisations industrielles déjà engagées.

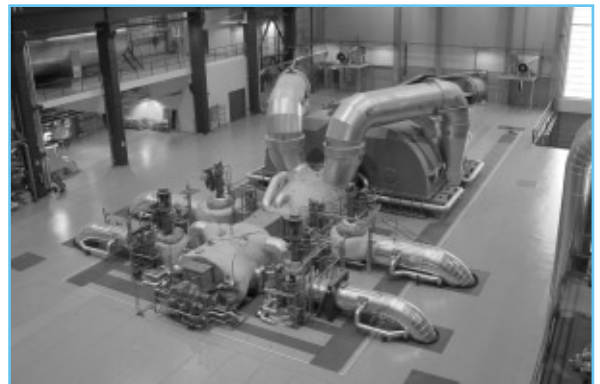
Les gisements considérés sont de trois types :

- rémanents abandonnés sur les chantiers de

- coupe rase,
- petits bois d'éclaircies non commercialisables,
- souches.

La recherche a été fortement soutenue pour favoriser le développement de méthodes

permettant la valorisation énergétique de la biomasse.



Vue d'ensemble de la turbine (Energico-LMZ) de l'unité de cogénération Oy Alholmen Kraft Ab sur le site de l'usine UPM Kymmene de Pietarsaari en Finlande. La puissance est de 240 MW, elle produit 1300 GWh d'électricité par an

De nouvelles technologies ont été mises au point pour diminuer les coûts de production des plaquettes forestières. Des investissements importants, auxquels l'Etat a contribué, ont permis de moderniser le parc de chaudières, en s'appuyant sur les installations des industries forestières.

Le groupe papetier finlandais UPM Kymmene a largement contribué sur ses sites industriels à développer l'utilisation de biocombustibles au travers d'unités de cogénération de grosse capacité. Des solutions ont été mises au point pour favoriser la valorisation énergétique de gisements inexploités de biomasse forestière.



L'unité de cogénération sur le site UPM Kymmene de Pietarsaari

■ Présentation générale

L'unité de cogénération de Pietarsaari est la plus grande centrale énergétique fonctionnant à partir de biocombustibles dans le monde. Elle est située à Alholmen, à proximité de la ville de Pietarsaari-Jakobstad, sur la côte ouest finlandaise.

La centrale et la production d'énergie sont gérées par la société Oy Alholmens Kraft Ab qui compte 5 actionnaires, UPM Kymmene étant l'actionnaire majoritaire.

La chaudière est située au centre du site de l'usine de pâte à papier UPM Kymmene, qui est responsable de son approvisionnement pour tout le combustible d'origine forestière.

Caractéristiques de la chaudière

Le projet de construction de cette nouvelle chaudière a été lancé en 1997, les travaux de construction ont débuté en avril 1999. Après une première phase d'essais, la première production d'énergie a été mise sur le marché le 1^{er} décembre 2001.

La chaudière, construite par Kvaerner Pulping Oy, est une chaudière à lit fluidisé circulant. Cette technologie procure une grande souplesse d'utilisation et permet l'utilisation de combustibles très variés (bois, tourbe, charbon, ...). D'une puissance de 550 MW, elle peut fournir 194 kg/s de vapeur à 165 bars et 545°C. La puissance de la turbine installée, pour la production d'électricité, est de 240 MW (TEKES, 2002).

L'alimentation en combustible est réalisée par 4 lignes indépendantes spécifiques à chaque type de combustibles (tourbe, plaquettes forestières, charbon, fuel). Le mélange de combustible est optimisé en fonction de différents paramètres : demande énergétique, prix de vente de l'énergie, coût du combustible, conditions de combustion, disponibilité, contrôle des émissions etc.

Production énergétique annuelle

La production énergétique totale annuelle est de 1300 GWh en électricité et de 560 GWh (2520 TJ) en chaleur.

La production électrique est commercialisée sur le marché libre du Nord de l'Europe.

La production de chaleur est vendue à l'usine UPM Kymmene, sous forme de vapeur, pour la production de pâte à papier. Elle est également utilisée pour le chauffage urbain de la ville de Pietarsaari-Jakobstad via un réseau de chaleur géré par la compagnie Katterno Ab (filiale de UPM Kymmene).

■ Approvisionnement en combustible

La stratégie sur ce site est de limiter l'utilisation du fuel lourd et du charbon, importés de Pologne et de Russie, aux périodes de très forte demande énergétique et de favoriser l'utilisation des biocombustibles : tourbe et biomasse ligneuse.

Les besoins annuels en combustible sont considérables : 3,5 TWh soit 300 000 tep, c'est l'équivalent de 1,5 million de m³ de bois ou 4 millions de m³ apparent de plaquettes (MAP).

Approvisionnement en combustible et production énergétique de la chaudière de l'usine Alholmens kraft (Finlande)

% biomasse ligneuse ⁽¹⁾	45 %
% tourbe ⁽¹⁾	45 %
% fuel et charbon ⁽¹⁾	10 %
Consommation énergétique annuelle totale	3,5 TWh
Production annuelle de chaleur (vapeur)	560 GWh
Production annuelle électrique	1300 GWh

⁽¹⁾ Répartition en % sur le pouvoir calorifique des combustibles

La tourbe

La tourbe est le combustible principal. Elle provient de deux grands sites d'extraction couvrant une surface de 5 000 hectares et situés dans un rayon de 100 km autour de l'usine. Sur ces sites, on prévoit de récolter une épaisseur de 10 cm de tourbe par an, sur une durée de 25 ans. Le classement de la tourbe dans la catégorie des ENR (combustible non fossile) est soumis à de nombreuses controverses au niveau international. Les Finlandais considèrent que la tourbe est un biocombustible au même titre que la biomasse ligneuse, car la consommation annuelle de tourbe en Finlande est inférieure à sa production potentielle.

Son classement comme biocombustible a été approuvé par le parlement européen en novembre 2000.

La biomasse ligneuse

Pour la biomasse ligneuse, l'objectif visé est d'atteindre 1500 GWh de combustible par an, l'approvisionnement est basé sur trois sources principales.

Répartition des combustibles sur leur pouvoir calorifique à l'entrée de la chaudière

Origine du combustible	Valeur énergétique
Ecorces et résidus de l'usine UPM Kymmene	1000 GWh
Sous-produits de scieries locales	200 GWh
Rémanents forestiers	300 GWh
Total	1500 GWh

Les écorces et les résidus de l'usine UPM Kymmene constituent la source principale de biomasse ligneuse. Les sous-produits de scieries locales sont également récupérés dans un rayon de 140 km autour de l'usine. Ces ressources sont complétées par des plaquettes forestières produites à partir des rémanents de coupes rases d'épicéas : cimes, branches, aiguilles et bois non commercialisables.

Un système dédié a été développé par les Finlandais pour récolter ces rémanents en forêt avec en particulier la mise au point d'un système de compactage des branches : le Fiberpac de Timberjack (Cuchet et al., 2003).

L'intérêt de cette technique, en phase opérationnelle depuis quatre ans, réside dans le fait que la logistique mise en place reprend celle qui est utilisée pour le bois d'industrie avec les équipements standards : porteurs, manipulation et stockage des fagots, camions (Paananen et Kalliola, 2003).

La récolte des rémanents est réalisée à 90 % sur de petites propriétés privées

(surface moyenne de 25 ha) et à 10 % sur les forêts du groupe UPM Kymmene.

Pour une machine Fiberpac, la production moyenne est de 200 tonnes par jour de travail. Les machines fonctionnant en double poste, la production annuelle est comprise entre 30 000 et 40 000 tonnes par machine, soit 60 à 80 000 fagots. Le coût moyen de la plaquette forestière à l'entrée de la chaudière est évalué à 9,5 € par MWh.

Coût des plaquettes rendues usine en €/MWh pour la récolte des rémanents après coupe rase et mise en fagot avec le système Fiberpac (détail par poste) en Finlande

Opération	Coût en € par MWh	
Surcoût d'exploitation (mise en tas des branches)	0,3	3 %
Mise en fagot	4,0	42 %
Débardage des fagots	1,2	12 %
Transport des fagots à l'usine ⁽¹⁾	2,5	26 %
Broyage sur site industriel ⁽²⁾	1,0	10 %
Frais fixes	0,5	5 %
Total	9,5	100 %

⁽¹⁾ Les coûts de transport sont donnés pour un rayon d'approvisionnement de 85 kilomètres en moyenne.

⁽²⁾ Le coût de broyage des fagots passe à 3 € par MWh si on utilise un broyeur mobile bord de route.



Vue d'un chantier de coupe finale de pin sylvestre en Finlande après récolte des rémanents et des souches pour une valorisation énergétique. Lors de l'exploitation finale, 20 à 30 arbres par hectares sont conservés comme semenciers pour compléter la plantation ou la régénération mais également pour des aspects esthétiques. Ils seront récoltés 4 à 5 ans plus tard sur régénération acquise.



Machine Fiberpac 370 de Timberjack en récolte de rémanents sur un chantier de coupe rase d'épicéas en Finlande.

Le site d'Alhomen fonctionne actuellement avec 4 Fiberpac, mais à terme 5 machines de ce type seront nécessaires pour alimenter l'usine et remplir les objectifs de fourniture de 300 GWh (300 000 fagots).

L'unité de cogénération sur le site UPM Kymmene de Jämsänkoski

■ Présentation générale

Située au centre de la Finlande, au cœur de la ville de Jämsänkoski, le long de la rivière Jämsä. La nouvelle usine TMP (pâte thermomécanique) du groupe UPM Kymmene a démarré son activité en 1980. La production annuelle sur ce site est de 800 à 850 000 tonnes de papier et la consommation énergétique sont de 2,5 MWh par tonne de papier produite.

Production d'énergie

Depuis mai 2002, la production énergétique est totalement externalisée. La société Jämsänkoski Voima Oy fournit 99 % de l'énergie utilisée par la papeterie. Cette société commercialise aussi de l'énergie pour deux autres clients : une usine chimique (filiale de UPM Kymmene) située sur le même site et le réseau de chauffage urbain de la ville de Jämsänkoski.

La chaudière est neuve, elle a été inaugurée en mai 2002. Comme sur le site précédent, c'est une chaudière de nouvelle génération à lit fluidisé circulant. Les investissements totaux sur ce site, pour la chaudière, s'élèvent à 70 millions d'euros. Le projet a bénéficié d'une subvention du gouvernement finlandais de

11 millions d'euros.

Les fumées sont traitées, dans la partie

Principales caractéristiques techniques de la chaudière de Jämsänkoski

Technologie	Lit fluidisé
Puissance thermique	185 MW
Production de vapeur	15-70 kg/s de vapeur à 107 bar et 533°C
Alimentation en combustible	2 lignes séparées, 6 points d'alimentation
Turbine	46 MW (Alsthom Finland Oy)

supérieure de la chaudière, à haute température (1130°C). Un système de traitement électrostatique des particules (filtre) a également été installé et la chaux est utilisée pour réduire les émissions. Les émissions résiduelles dans l'air sont analysées en permanence.

■ Approvisionnement en combustible

Le fuel lourd est utilisé uniquement en secours et pour les opérations de démarrage de la chaudière.

L'essentiel de l'énergie est fourni par les biocombustibles.

Répartition des différents combustibles en fonction de leur pouvoir calorifique à l'entrée de la chaudière sur le site de Jämsänkoski

Type de combustible	%
Ecorces et boues papetières	29 %
Rémanents forestiers (fagots, branches et souches)	21 %
Tourbe	41 %
Autres biocombustibles	6 %
Fuel lourd	3 %



Livraison de souches entières pour une valorisation énergétique sur le site de l'usine UPM Kymmene à Jämsänkoski (Finlande)

Dans la catégorie des autres biocombustibles, sont classés les broyats de palettes et d'emballage, mais également les déchets ménagers qui représentent 3 % de la puissance calorifique des biocombustibles, la chaudière jouant le rôle d'incinérateur pour la ville de Jämsänkoski.

Sur ce site, comme pour la majorité des chaufferies en Scandinavie, la tourbe est le combustible majeur. Mais depuis la mise en service de la nouvelle chaudière, les plaquettes forestières sont de plus en plus utilisées avec en particulier **l'utilisation des souches qui pourraient à court terme constituer la ressource principale de combustible.**

Après la coupe rase, les souches sont extraites et fragmentées en deux ou trois morceaux à l'aide d'un outil spécifique monté sur une pelle mécanique. Elles sont ensuite débardées à l'aide d'un porteur aménagé et stockées en piles bord de route sur une hauteur de 6 à 7 mètres (Kalliola et Markkila, 2004).



Stock de souches et de rémanents d'une coupe rase d'épicéas en bord de route en vue d'une valorisation énergétique.

Si les souches sont récoltées au printemps et utilisées dans les 6 mois qui suivent, le taux d'humidité est en moyenne de 40 %. Après un an de stockage, le taux d'humidité des souches peut descendre en dessous de 25 %. Le taux d'humidité pour les souches est plus faible que pour les rémanents de coupe rase et, en conséquence le pouvoir calorifique (PCI) est plus important : 3,6 MWh par tonne pour une humidité moyenne de 30 %.

Le broyage des souches peut être effectué bord de route, à proximité de la place de stockage, à l'aide d'un broyeur mobile. Ce type de broyeur, avec grilles interchangeable, peut

aussi bien déchiqueter des souches, que des branches en vrac. Les plaquettes sont chargées directement sur un camion remorque équipé de deux conteneurs et transportées à la chaufferie.

Le plus souvent, le broyage est réalisé à la chaufferie avec un système de broyage à double étage permettant de traiter plus facilement les souches :

- premier broyeur (pre-crusher) de forte puissance, deux rouleaux avec des marteaux fixes en fond d'une trémie tournent en sens inverse à 40 tours par minute,
- dans un deuxième temps, les broyats sont repris et déchiquetés de manière classique pour être utilisés dans la chaudière.

Le prix de revient de la plaquette livrée usine est de 10 € par MWh pour des souches à une humidité de 30 % avec un pouvoir calorifique de 3,6 MWh par tonne.

Détail par poste des coûts de la plaquette énergie issue de souches broyées bord de route

Poste	Coûts en €/MWh
Extraction et débardage	2,5
Broyage bord de route (1)	3,3
Transport usine (2)	4,5
Total	10,3

⁽¹⁾ Le coût du broyage est augmenté de 1€ s'il est réalisé en usine (2 étages de broyage).

⁽²⁾ Coût pour une distance moyenne de 50 km.



Unité de broyage mobile traitant, en bordure de chantier, des souches et des rémanents de coupe rase de pin sylvestre pour une valorisation énergétique à l'usine UPM Kymmene de Jämsänkoski (Finlande). Pendant toute la phase de stockage sur chantier, qui peut varier de six mois à un an. Les rémanents sont protégés de la pluie et de la neige par une toile de papier spéciale.

CONCLUSION

La politique forestière mise en place en Finlande, la réglementation concernant le transport (60 tonnes de poids total en charge) et le développement à l'échelle industrielle, en particulier via les installations de grosse capacité de l'industrie papetière, ont permis de rendre compétitive la valorisation énergétique de gisements inexploités de biomasse forestière non concurrents du bois de trituration.

Les points clés de cette réussite sont :

- la mise en place de chaînes performantes de mobilisation de la biomasse en forêt,
- la modernisation du parc de chaudières des sites industriels (chaudières à lit fluidisé circulant),
- l'utilisation de broyeurs industriels de très forte capacité.

Les propriétaires sylviculteurs finlandais sont assez favorables à ces récoltes de rémanents et de souches. Ils y trouvent de nombreux avantages :

- facilitation et diminution des coûts des travaux de préparation du sol,
- facilitation des travaux de plantation,
- accélération des travaux de régénération qui peuvent être réalisés un an après l'exploitation, contre deux à trois ans en moyenne,
- meilleure réussite (reprise) des reboisements,
- réduction des problèmes phytosanitaires liés au Fomes par l'évacuation des souches.

En France, et en Aquitaine en particulier, des travaux ont été engagés dans ce domaine par l'AFOCEL, la FIBA (Fédération des Industries du Bois en Aquitaine) et les coopératives forestières (CAFSA) avec le soutien de l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) et du Conseil Régional d'Aquitaine.

Les premiers résultats sont prometteurs et indiquent que, sur la base des scénarios développés en Finlande, un développement de la valorisation énergétique de gisements inexploités de biomasse forestière est tout à fait envisageable en France.

Pour en savoir plus

CACOT E., CHARNET F., RANGER J. et VIEBAN S. (2004).

Impact du prélèvement des rémanents en forêt. AFOCEL, Fiche Informations-Forêt n° 686.

KALLIOLA T., MARKKILA M. (2004)

Increased use of forest fuels to expand the raw material base. Stumps – an unutilized reserve. PUUENERGIA, Wood Energy Technology Programme. Newsletter on results 4/2004.

CUCHET E., ROUX P. et SPINELLI R. (2003)

Récolte de rémanents pour le bois énergie avec le FIBERPAC.

AFOCEL, Fiche Informations-Forêt n° 669.

MOREAU J. (2003)

Valorisation des chablis en bois énergie par l'industrie papetière en Aquitaine.

AFOCEL, Fiche Information-Forêt n° 674.

PAANANEN S. et KALLIOLA T. (2003)

Procurement of forest chips at UPM Kymmene from residual biomasse. UPM Kymmene and OPET Finland, VTT.

TEKES (2002)

Growing Power. Advanced solutions for bioenergy technology from Finland. TEKES, VTT Processes et Teonsana Oy 2002.

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Energie

R E G I O N



AQUITAINE

Jean-Yves FRAYSSE
AFOCEL Station Sud-Ouest
Domaine de Sivaillan
33480 Moulis en Medoc
Tél. : 05.57.88.82.33
Fax : 05.57.88.82.34
E-mail : sudouest@afocel.fr



ISSN : 0336-0261