

CAHIER N° 36

Le bois énergie dans l'industrie

Sommaire

• Edito, par Serge Defaye	11
• Biomasse ligneuse : quelle place dans l'industrie ?	12
• Valorisation énergétique de la biomasse dans l'industrie : cogénération ou production thermique seule ?	14
• Fiches	
Bouyer Leroux (Maine-et-Loire / Vendée)	16
La Varoise (Var)	17
Commissariat à l'énergie atomique (Côte-d'Or)	19
Réseau de chaleur d'Egletons (Corrèze)	20
Fruitière de la Baroche (Jura)	21

Les Cahiers du bois-énergie, édités sous la responsabilité de Biomasse Normandie, sont publiés avec le soutien de l'Ademe (Direction des énergies renouvelables, des réseaux et des marchés énergétiques - Département bioressources). Ce cahier a été préparé par Stéphane Cousin et Mathieu Fleury (Biomasse Normandie) et Serge Defaye (Débat). Nous remercions Jean-Pierre Tachet (Cibe), les quatre industriels et le concessionnaire du réseau de chaleur d'Egletons pour leur contribution. Mise en page par la rédaction du Bois International.

Choisir le bois énergie dans l'industrie ?

Les industriels utilisent pour les besoins de leur process et le chauffage de leurs locaux, essentiellement du gaz naturel, du charbon et des produits pétroliers. Le bois n'est (auto)consommé que par les entreprises de la filière. A cela une raison simple : les tarifs des énergies conventionnelles étaient dans l'industrie, jusqu'en 2002-2004, de 15 à 17 €/MWh PCI, légèrement supérieurs au prix du bois entrée chaudière (dans une fourchette de 10 à 15 €/MWh PCI) et les coûts d'investissement et d'exploitation d'une chaudière bois n'étaient pas compensés par une réelle économie sur l'achat du combustible.

Les prix des produits dérivés du pétrole sont directement impactés par le cours du baril, de même que celui de la molécule de gaz "rendue frontière", également indexée sur le pétrole brut. On a donc assisté depuis trois ans à un quasi doublement du prix des combustibles "industriels" (gaz naturel et fioul lourd), à l'exception du charbon, déconnecté du marché du pétrole, mais qui connaît néanmoins des hausses significatives. S'y ajoutent pour les entreprises ayant une puissance installée supérieure à 20 MW, les obligations liées au système des quotas de CO₂ ! Celles-ci doivent soit respecter leur allocation et effectuer des économies d'énergie (en optant pour la biomasse par exemple), soit acheter des tonnes de carbone sur le marché. Dans ce nouveau contexte énergétique et environnemental, le choix du bois énergie est ainsi devenu économiquement pertinent pour les entreprises dont les consommations sont importantes et régulières sur l'année. Une étude au cas par cas est toujours nécessaire.

Dans l'hypothèse où celle-ci s'avère positive, se pose alors la question d'une co-production d'électricité et de chaleur (cogénération) pour l'autoconsommation ou la vente à EDF, à un distributeur non nationalisé ou à un tiers via le réseau de distribution. La réponse dans l'immédiat est claire : le tarif d'achat de l'électricité actuellement en vigueur n'est pas attractif et ne permet pas de compenser le surcoût d'un générateur vapeur haute pression et d'une turbine. On attend la publication d'un nouvel arrêté tarifaire, réévalué à la hausse, mais qui risque d'être encore insuffisant pour que se développe la cogénération ex-biomasse à grande échelle. Néanmoins, celui-ci devrait entrouvrir la porte à quelques opportunités, lorsque l'entreprise dispose en totalité ou en partie de sous-produits ligneux ou ligno-cellulosiques à très bas prix.

Serge Defaye
DEBAT, conseiller technique de Biomasse Normandie



[Retrouvez tous vos articles en ligne au format PDF !](http://www.leboisinternational.com)

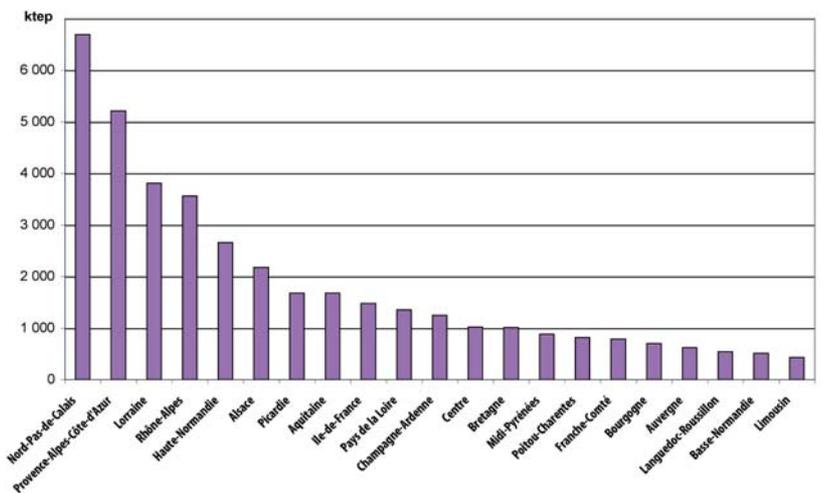
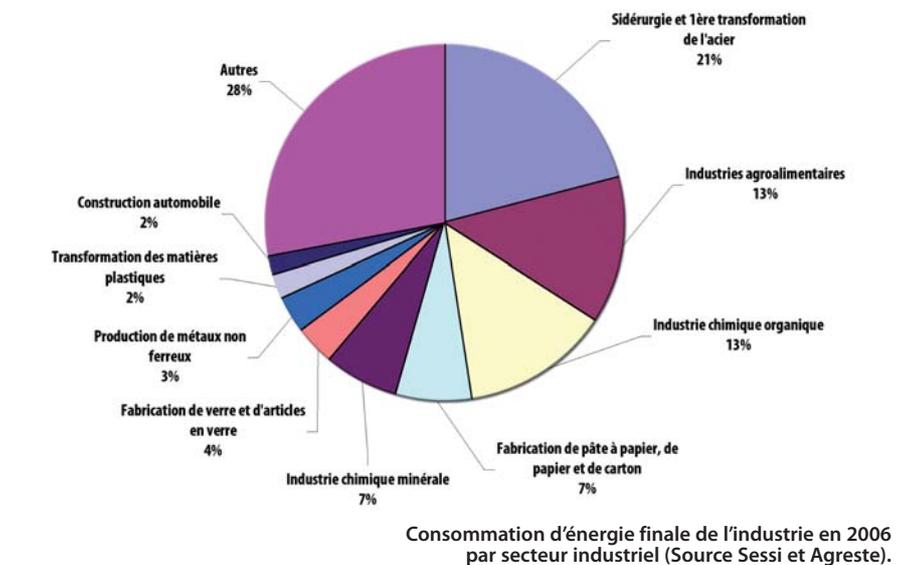
www.leboisinternational.com

Biomasse ligneuse : quelle place dans l'industrie ?

En 2006, l'industrie française a consommé 37,4 millions de tonnes équivalent pétrole (tep) soit 23 % de la consommation finale d'énergie nationale. Cinq secteurs pèsent plus de 60 % de cette consommation (sidérurgie / première transformation de l'acier, industries agroalimentaires, industrie chimique organique, fabrication de pâte à papier, papier et carton, industrie chimique inorganique) et quatre régions plus de 50 % (Nord-Pas-de-Calais, Provence-Alpes-Côte-d'Azur, Lorraine et Rhône-Alpes). Les industries qui utilisaient du charbon ou du fioul lourd pour leur process ou le chauffage de leurs bâtiments ont massivement basculé depuis une vingtaine d'années vers le gaz naturel (ce qui en fait le combustible le plus utilisé), soit en combustion directe, soit en cogénération avec des turbines ou des moteurs à gaz. Cette situation provient de ce que les prix de l'énergie dans l'industrie, depuis le contre-choc pétrolier, étaient extrêmement bas, notamment les tarifs du gaz naturel pour des consommations supérieures à 13 GWh PCS/an (tarif TEP) et a fortiori pour des très gros industriels (plus de 130 GWh/an, tarif STS). La houille est à 90 % utilisée par la sidérurgie et la biomasse (bois et liqueurs noires) par les industries du bois (très majoritairement celles de la trituration). En dehors de ces dernières, la valorisation énergétique du bois se cantonne à quelques entreprises pionnières. Cette situation s'explique tout d'abord par le fait que, jusqu'en 2004, l'écart de prix entre le combustible bois et le gaz naturel (certes à l'avantage du premier mais insuffisant) ne permettait pas de compenser le surinvestissement à consentir pour une chaufferie bois vapeur ou eau chaude par rapport à une chaudière gaz, ni surtout le surcoût d'exploitation, particulièrement pour le process vapeur (les chaudières gaz peuvent être exploitées en autocontrôle alors qu'une chaudière à combustible solide nécessite généralement la présence de personnel en continu).

Des atouts indéniables

En outre, les technologies de combustion de la biomasse disponibles sur le marché ont surtout été développées pour des usages en industrie du bois et



dans le secteur de l'habitat/tertiaire : elles sont donc peu (voire pas) adaptées à certains process industriels particuliers (flamme directe, four...). Par exemple, les fumées issues d'équipements à flamme directe au gaz peuvent être mises au contact du produit manufacturé alors que celles issues de la combustion du bois contiennent des poussières susceptibles de le polluer. En contrepartie, le milieu industriel présente des avantages indéniables pour l'utilisation du bois énergie :

- depuis trois ans, on observe une très forte augmentation du prix des combustibles fossiles ; le fioul lourd et le gaz naturel ont dépassé le seuil des 30 €/MWh PCI, soit approximativement deux fois le prix du bois entrée chaudière industrielle ;
- certains secteurs ont un fonctionnement continu de leur process sur l'an-

née, ce qui permet d'amortir au mieux les équipements bois ;

- des quotas de CO₂ ont été institués pour les installations de plus de 20 MW soit environ 1.200 établissements concernés dans l'Hexagone ;
- les contraintes d'intégration architecturale de la chaufferie et d'accessibilité pour les camions de livraison du combustible sont nettement moindres que dans le secteur de l'habitat/tertiaire.

L'impact conjugué de la hausse récente des prix des énergies fossiles et de l'achat des tonnes de carbone pour satisfaire à l'obligation de restitution conduit à modifier très fortement l'écart de prix entre les énergies fossiles utilisées dans l'industrie et les combustibles bois, ce qui rend désormais attractive la production de vapeur ou de chaleur à partir du bois : l'économie ainsi réalisée permet de compenser le surcoût

d'investissement et d'exploitation d'une chaudière bois, avec des temps de retour brut sur investissement qui peuvent être de l'ordre de quelques années.

Identifier les besoins énergétiques

Il est donc désormais nécessaire d'examiner plus en détail les besoins énergétiques des industriels afin d'identifier les secteurs les plus porteurs pour le bois énergie. Une étude a été réalisée en 2006 par Blézat Consulting et Ably France pour le compte de l'Ademe et une autre, menée par le Comité Interprofessionnel du Bois Energie (CIBE) pour l'Observatoire de l'énergie, est en cours. Si l'on met à part les sites concernés par le plan national d'allocation des quotas de CO₂ (PNAQ) qui ont un intérêt évident à examiner une solution biomasse, il apparaît en première approche que l'industrie laitière, la transformation/conservation des fruits et légumes, l'industrie des boissons, la fabrication de briques et tuiles, la production d'engrais, les industries du papier et du carton... sont séduisantes. Il reste à confirmer ces premières impressions (c'est l'objet de l'étude) ; ensuite, la sensibilisation aux niveaux national (syndicats professionnels) et local (industriels maîtres d'ouvrage) par les organismes de promotion et d'animation ainsi que l'implication des acteurs économiques (constructeurs d'équipements thermiques, fournisseurs de biocombustibles, exploitants de chauffage...) devraient permettre de développer l'utilisation énergétique de la biomasse ligneuse dans l'industrie qui, en dehors des entreprises du bois, est jusqu'ici demeurée encore très marginale, faute d'attrait économique suffisant.

✓ ZOOM

Secteur agroalimentaire : les ventes de quotas de CO₂ représentent l'équivalent d'une subvention

Un industriel du secteur agroalimentaire ferait une économie annuelle nette de 13 % sur ses coûts énergétiques pour ses besoins de process, en choisissant d'installer une chaudière bois (hors subvention et quotas de CO₂). L'impact des quotas de CO₂ a été regardé.

Situation de référence :

- consommation de gaz naturel : 93.000 MWh PCS/an (83.700 MWh PCI/an) ;
- facture annuelle de gaz naturel : 2.600 k€ ;
- production de CO₂ : 17.100 t/an ;
- 15.400 t/an de CO₂ attribuées à l'industriel pour la période 2008-2012.

Solution bois énergie :

- puissance bois installée : 5,4 MW (8 t/h de vapeur) ;
- investissement total : 3.600 k€HT ;
- consommation de bois : 70.000 MWhPCI ;
- taux de couverture bois : 80 % ;
- surcoût d'investissement : 3.200 k€ ;
- économie sur les coûts de fonctionnement : 600 k€/an ;
- CO₂ évité : 13.000 t/an.

Impact financier des quotas de CO₂

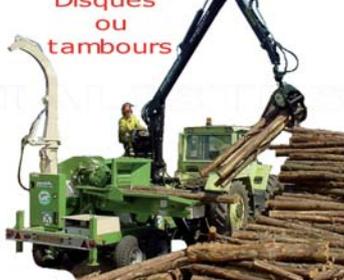
CO₂ commercialisable sur le marché :
11.300 t/an soit 56.500 tonnes sur la période 2008-2012.

Le tableau suivant montre l'impact du coût de la tonne de CO₂, exprimé en pourcentage du coût d'investissement.

Prix moyen de la tonne de CO ₂ sur 2008-2012 (€/t)	Recettes 2008-2012 liées à la mise sur le marché des tonnes de CO ₂ (€)	% du coût d'investissement
5	282.500	7,8
10	565.000	15,7
15	847.500	23,5
20	1.130.000	31,4

Les quotas de CO₂ permettent d'améliorer de façon sensible le résultat économique de l'installation bois (qui était déjà positif dans le cas étudié). En effet, avec une hypothèse de prix de la tonne de CO₂ de 20 € (commercialisée à ce prix de 2008 à 2012), l'économie annuelle sur les coûts de fonctionnement est portée à 825 k€ et le temps de retour brut sur investissement à 4 ans.

Pour évaluer pleinement l'intérêt du bois dans le cas de cette industrie, il faudrait aussi intégrer les investissements qui auraient été nécessaires sur l'installation existante pour qu'elle respecte les quotas alloués. L'intérêt réel du bois est donc plus important que celui affiché ci-dessus.

Bois Bûches (tous Ø)	Broyeurs de 13 à 1000 cv	Module BIOCOMPACT	Chaudières granulés / plaquettes
Importateur France :			
 - Fendeuses - Combinés	 Disques ou tambours	 Silo + Chaufferie Prêt à poser	 Nombreuses références régionales (+ de 100 en France)
 GF SERVICES	42120 COMELLE VERNAY - Tel : 04-77-67-18-70 - Fax : 04-77-67-29-94 Le site forestier à visiter - www.gfservices.fr - info@gfservices.fr		

Valorisation de la biomasse dans l'industrie : cogénération ou production thermique seule ?

Jean-Pierre Tachet - Comité interprofessionnel du bois énergie (CIBE)

Lorsqu'un industriel fait le choix de la biomasse pour couvrir tout ou partie de ses besoins thermiques de process (éventuellement de chauffage de ses locaux), il peut envisager de produire simultanément de l'électricité pour sa consommation propre ou pour la vente au réseau.

La nécessité d'un rendement élevé

Les ressources en biomasse sont limitées, tout au moins dans leurs fractions facilement et économiquement mobilisables. Il convient donc de les consommer avec discernement.

La production d'électricité à partir de biomasse s'accompagne de la production de chaleur en grande quantité, quelle que soit la technologie utilisée : les rendements de production électrique sont généralement compris entre 15-20 % pour les faibles puissances en technologie de base et 30-35 % pour les installations importantes pouvant bénéficier de technologies avancées. La production d'électricité est donc peu efficace par rapport à une valorisation thermique pure dont le rendement énergétique peut dépasser 80 %.

La cogénération (production simultanée de chaleur et d'électricité) à partir de biomasse apparaît donc comme la seule solution acceptable pour contribuer à satisfaire aux objectifs de production d'électricité "verte", sous la condition d'obtenir un rendement global supérieur à celui résultant d'une production séparée d'électricité et de chaleur, c'est à dire en générant par rapport à cette dernière des économies d'énergie primaire (autrement dit de combustibles).

Ce point essentiel a été pris en compte dans le dispositif réglementaire mis en place au niveau européen (notamment la directive 2004/8/CE concernant la promotion de la cogénération sur la base de la demande de chaleur utile). Le dispositif français en matière de production d'électricité à partir de biomasse (on notera qu'on n'utilise pas le terme de cogénération) n'incite guère, malheureusement, à rechercher et à

s'engager sur une valorisation thermique ambitieuse, même s'il semble évoluer vers une plus grande prise en compte des exigences d'efficacité énergétique :

- l'arrêté du 16 avril 2002 (opérations de moins de 12 MWé sous obligation d'achat à prix garanti) n'a pas d'exigence en termes d'efficacité énergétique ⁽¹⁾, mais offre une simple incitation tarifaire à travers une bonification de 0 à 1,2 c€/kWhé vendu (soit 25 % maximum du prix de base) ;

- l'appel d'offres de décembre 2003 ("CRE 1", installations de plus de 12 MWé) ne fixe pas non plus d'exigence en la matière ; l'efficacité énergétique est simplement l'objet d'une appréciation dans le jugement de l'offre (pour 15 % de sa valeur globale), mais peut conduire à des pénalités en cas de non respect de la valeur déclarée ;

- l'appel d'offres de décembre 2006 ("CRE 2", installations de plus de 5 MWé ou de plus de 9 MWé) impose par contre un seuil minimal obligatoire de 50 % d'efficacité énergétique ⁽²⁾ ; comme dans le premier appel d'offres, l'efficacité énergétique est appréciée dans la note globale attribuée au projet (cette fois pour 23% de sa valeur globale) ;

- le projet d'arrêté tarifaire révisé (opérations de moins de 12 MWé sous obligation d'achat à prix garanti) comporte, comme celui de 2002, une incitation tarifaire à l'efficacité énergétique pouvant aller jusqu'à 67 % du prix de base, mais curieusement n'impose aucun seuil minimal contrairement à l'appel d'offres "CRE 2". Cela autorise de fait les installations purement électrogènes

(dissuadées il est vrai par un tarif de base très bas).

Ces dispositifs procèdent d'une logique d'électricien et conduiront, si les unités de cogénération se contentent juste de remplir les critères requis, à une surconsommation d'énergie primaire par rapport à des filières séparées, ce qui relève d'une certaine aberration !

L'électricité ne peut se stocker mais peut se transporter grâce aux infrastructures existantes. La chaleur quant à elle doit être consommée sur place ou acheminée dans un périmètre bien délimité localement. Ce constat conduit à considérer d'abord les besoins thermiques qui déterminent le dimensionnement du système de cogénération.

Les technologies disponibles

On considèrera la filière combustion de la biomasse associée à la technologie vapeur et particulièrement celle des turbines. Cette filière, connue et maîtrisée depuis de nombreuses décennies, apparaît comme étant la plus pratiquée pour une large gamme de puissances, notamment dans les pays européens ayant amplement développé la cogénération à partir de biomasse (Scandinavie, Allemagne, Danemark, Autriche...).

On peut classer les turbines à vapeur en deux catégories principales :

- les turbines à contrepression ;
- les turbines à prélèvement et condensation.

Pour la première catégorie, la production électrique est strictement liée à la production thermique avec un rapport

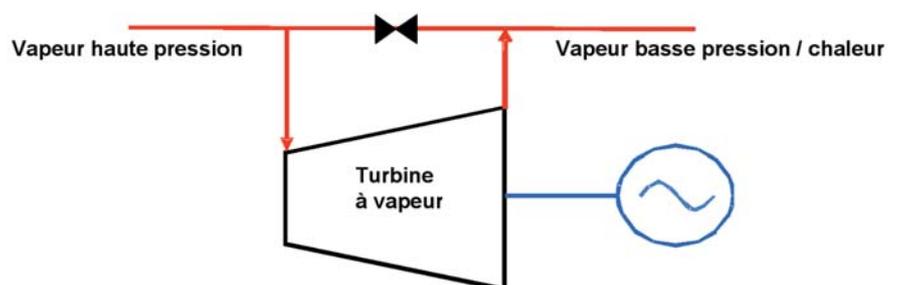


Schéma de principe d'une turbine à vapeur à contrepression.

entre les deux (appelé E/C) pratiquement constant ; en régime modulé, lorsque les besoins thermiques augmentent, la production d'électricité croît en proportion, et à l'inverse s'ils diminuent, celle-ci fera de même : l'électricité s'apparente ainsi à un sous-produit de la chaleur dont elle est tributaire. Cette technologie est bien adaptée aux petites et moyennes puissances ⁽³⁾, bénéficie de coûts d'investissement modérés et garantit un bon rendement global et donc des économies d'énergie primaire. Par contre la souplesse de fonctionnement est assez limitée en ce qui concerne la production d'électricité.

Les turbines à prélèvement et condensation permettent de faire varier dans une assez large plage le rapport E/C. En effet, l'énergie destinée à satisfaire les besoins thermiques est "prélevée" dans le système de production électrique. L'électricité est donc dans ce cas générée prioritairement et de façon découplée par rapport aux besoins thermiques et aux variations de ceux-ci. Contrairement aux turbines à contre-pression, la variation de puissance électrique est modérée (20 à 25 %) pour des besoins thermiques variant de 0 à 100 %. En agissant ainsi à la fois sur le débit total de vapeur introduit dans la turbine et le débit prélevé, on peut maintenir la production électrique au niveau requis pour l'utilisation envisagée. Cette technologie, plus complexe donc plus coûteuse, offre beaucoup plus de souplesse d'utilisation mais reste réservée aux installations de moyenne ou forte puissance ⁽⁴⁾.

Les conditions d'utilisation

En matière d'usage, on peut définir aussi deux catégories d'utilisateurs, au regard de leurs besoins, et tout particulièrement de leurs besoins thermiques :

- ceux dont les besoins sont saisonniers ou climatiques ;
- ceux dont les besoins sont continus et faiblement variables.

Pour la première catégorie (comme l'agroalimentaire), la chaleur est le produit de base et les consommations d'électricité sont relativement limitées (le rapport E/C en besoins propres est faible). La variabilité des besoins en chaleur induira (même avec des technologies évoluées) une forte variation du niveau de production électrique au long de l'année, lui conférant un caracté-

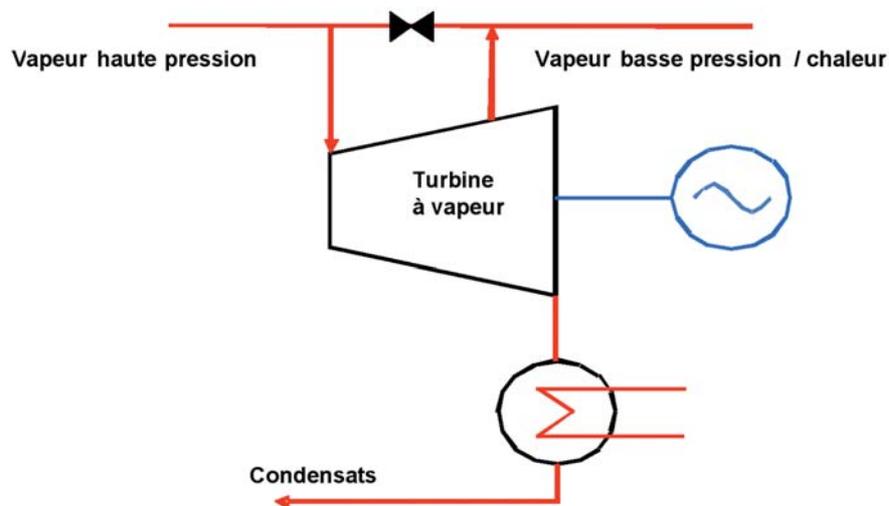


Schéma de principe d'une turbine à vapeur à prélèvement et condensation

ère aléatoire et moins attrayant pour l'acheteur ou le consommateur d'électricité. Une solution consisterait à ne fonctionner qu'en période de pleine activité, mais elle se heurte à un risque de rentabilité économique insuffisante lié au nombre trop faible d'heures de fonctionnement.

Pour la seconde catégorie (dans laquelle on peut inclure les industries du papier, de la chimie, du pétrole...), la conception du système pourra être faite pour une production correspondant ou s'approchant des besoins réels. Dans certains cas, une production d'électricité supérieure aux besoins identifiés sera même à envisager si les conditions de vente à un tiers (réseau) sont favorables. Ceci est particulièrement vrai grâce à la valorisation du caractère renouvelable de l'énergie obtenue par le biais des dispositifs d'obligation d'achat ou d'instruments économiques tels que la garantie d'origine négociable (dans le dispositif français, cela peut conduire d'emblée à envisager une vente totale de la production à l'acheteur obligé et à l'achat concomitant d'électricité pour les besoins de l'activité au prix de marché). Dans d'autres cas, un talon d'électricité pourra être produit en fonction des besoins thermiques réels et le complément nécessaire pourra être acheté au réseau.

Le choix de la cogénération ou de la production thermique seule s'effectue en fonction des considérations ci-dessus mais également (et in fine surtout) de l'intérêt économique qu'il convient d'établir soigneusement en intégrant notamment les paramètres suivants :

- niveaux de température et de pression des usages thermiques envisagés (vapeur, eau surchauffée, eau chaude, air...) qui conditionnent la performance globale du système ;
- variation et saisonnalité des besoins ;
- conditions et exigences d'exploitation, secours nécessaires ;
- coût du combustible biomasse ;
- prix de vente de l'électricité d'origine renouvelable et prix d'achat de l'électricité au réseau ;
- prix des énergies substituées (combustible, chaleur, électricité)...

Pour la filière biomasse, il faut considérer en priorité la disponibilité de la ressource, au regard des besoins identifiés de chaleur et d'électricité. Qu'elle soit constituée de produits issus des industries du bois, de la forêt, de culture énergétiques (à venir) ou de bois de récupération, celle-ci ne peut être que locale, au plus régionale : les rayons de mobilisation admissibles sont de l'ordre d'une centaine de kilomètres. Un projet optimisé consiste donc à bien évaluer la possibilité de satisfaire les besoins d'énergie en fonction de ressources identifiées (techniquement et économiquement), et par voie de conséquence à limiter si nécessaire la couverture de ces besoins en fonction de ces dernières.

(1) Définie comme étant la somme des énergies thermique et électrique (vendues ou autoconsommées) rapportée à l'énergie sortie chaudière.

(2) Définie comme étant la somme des énergies thermique valorisée et électrique nette produite rapportée à l'énergie entrée chaudière.

(3) Pour fixer un ordre d'idée, on appellera petite puissance la gamme 1-5 MWé et moyenne puissance de 5 à 15 MWé.

(4) On appellera grande puissance la gamme au-delà de 15 MWé.

Maine et Loire / Vendée

Briques de terre cuite : séchage et cuisson au bois

La SCOP Bouyer Leroux produit aujourd'hui plus de 600.000 t/an de produits de terre cuite : l'équivalent de 20.000 logements en briques de structure pour murs porteurs sur ses sites de la Séguinière et de Saint-Laurent-des-Autels (Maine-et-Loire) et l'équivalent de 20.000 logements en briques de cloison (séparatifs et doublages) à Saint-Martin-des-Fontaines (Vendée). La mise en route d'une nouvelle unité de briques de structure d'une capacité de 150.000 t/an est prévue en septembre 2008 sur ce dernier site, où la société fabrique également des tuiles pour l'équivalent de 6.000 maisons.

La fabrication des briques de terre cuite

Le process de fabrication de briques comporte cinq phases majeures :

- l'extraction de l'argile dans des carrières à ciel ouvert, où cette matière première se trouve par couches ou bancs de caractéristiques différentes ;

- la préparation des pâtes, phase essentielle pour la qualité finale des produits ; un dosage précis des différentes argiles est effectué à l'entrée de l'usine, le mélange étant ensuite broyé et humidifié pour obtenir une pâte de consistance et de finesse régulières puis stockée dans une cave à terre afin d'en améliorer l'homogénéité.

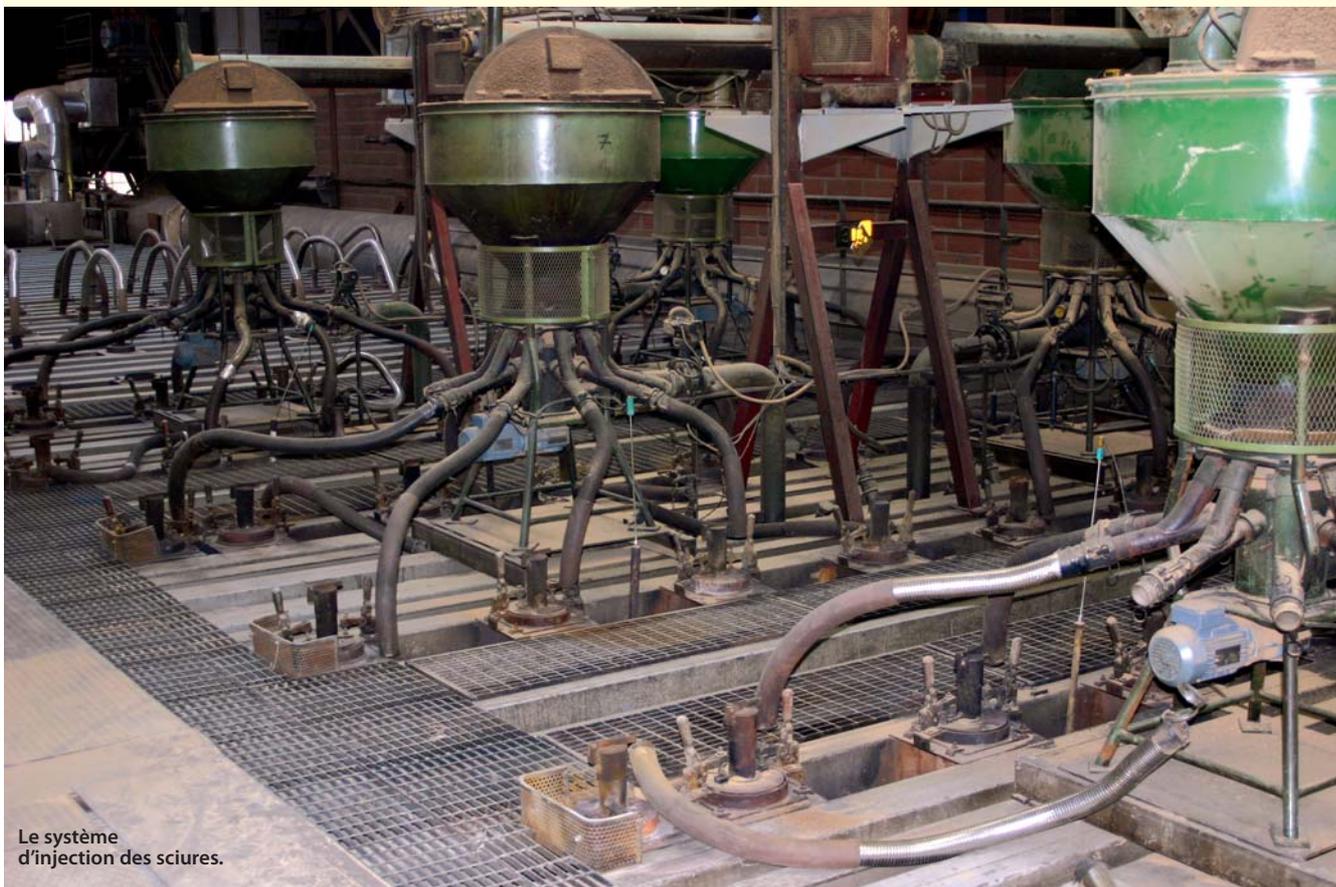
- le façonnage, pour lequel la pâte d'argile doit être ferme et avoir un taux d'humidité compris entre 18 et 20% ; celle-ci est soumise à dépression dans une chambre à vide pour être dégazée et acquérir une plasticité optimale ; la mouleuse comprime ensuite la pâte dans une filière qui lui donnera la forme du produit fini, le pain d'argile en résultant étant coupé en longueurs souhaitées par un fil d'acier ;

- le séchage dans un tunnel où les briques avancent à contre-courant de l'air chaud (environ 200 °C), opération visant à retirer l'eau des produits et exigeant un bon équilibre des températures et des volumes d'air dans le tunnel ;

- la cuisson à 1.000 °C, qui a lieu dans un four tunnel à feu continu fixe, va stabiliser l'argile et lui donner sa couleur et sa qualité finale ; les briques avancent dans le tunnel sur des wagonnets, se rapprochent progressivement de la zone de feu centrale (permettant ainsi une cuisson graduelle) puis refroidissent lentement jusqu'à leur sortie grâce au courant d'air du tirage ; le cycle de cuisson dure environ 24 heures pour un produit.

Séchage et cuisson au bois

Bouyer Leroux utilise depuis plus de vingt ans des sciures pour la cuisson des briques : les tunnels, fonctionnant en continu 7 jours sur 7, sont équipés de brûleurs au gaz naturel et d'injecteurs de sciures, les premiers étant utilisés pour la montée en température du four et les seconds pour son maintien. Le bois apporte plus de la moitié des besoins thermiques de cuisson. 90.000 m³ de sciures (environ 25.000 t) sont ainsi



Le système d'injection des sciures.

consommés sur le site de la Séguinière et 55.000 m³ (15.000 t) sur celui de Saint-Martin-des-Fontaines, en provenance de scieries et d'industries de la seconde transformation. Pour s'affranchir de la variabilité du taux d'humidité moyen (20 % en été, 30-40 % en hiver), les sciures sont stockées sous hangar avec dalle en béton (capacité de 6.000 m³ pour chacun des deux sites). Elles sont reprises au chargeur et déversées dans un stock tampon, d'où elles sont évacuées par tapis et vis sans fin vers un crible pour éliminer les indésirables (copeaux...). Elles sont ensuite transportées par tapis jusqu'au four dans lequel elles sont projetées par injection d'air comprimé en continu ou en impulsion.

Le séchage des briques est également assuré par le bois sur le site vendéen : 5.000 t/an de broyat de palettes brûlées dans un foyer volcan de 4 MW fournissent plus de 90 % des besoins thermiques. L'air chaud produit est acheminé dans un tunnel de séchage via un ensemble de gaines/ventilateurs.

Dans le Maine-et-Loire, le séchoir était, jusqu'à fin 2005, alimenté par la chaleur de récupération d'une usine d'inci-

nération. Depuis la fermeture de cette dernière, le gaz naturel a pris le relais, mais l'entreprise envisage dès 2009 d'utiliser du bois pour sa production d'énergie.

Pour son approvisionnement en combustibles bois, Bouyer Leroux traite en direct avec des fournisseurs locaux et fait aussi appel à des sociétés de négociation pour l'ajustement des besoins. L'entretien des installations est réalisé par le personnel de la société.

Le bois : économique et éthique !

Bouyer Leroux a toujours souhaité développer le bois-énergie dans son process industriel. A l'impact économique favorable d'un tel choix (les deux sites sont notamment soumis aux quotas CO₂ pour la période 2008-2012) s'ajoute un aspect éthique appréciable : utiliser une énergie renouvelable pour la fabrication de briques, matériaux dont les performances thermiques sont de surcroît bien meilleures que celles du bloc béton, s'inscrit totalement dans la logique de développement durable mise en avant par la société.

Depuis plus de vingt ans, Bouyer Leroux a développé un véritable savoir-faire : connaissance du marché des combustibles bois, exploitation des équipements... Elle souhaite continuer dans cette voie, que ce soit pour l'unité de séchage de la Séguinière ou la construction de la nouvelle ligne de production de Saint-Martin-des-Fontaines. La société s'interroge sur l'évolution actuelle du prix des combustibles bois mais constate que le marché tend à se structurer, ce qui devrait apporter une meilleure visibilité à moyen terme.

Bouyer-Leroux étudie plusieurs solutions nouvelles d'utilisation énergétique du bois (injection directe, combustion avec échangeur, gazéification...) sur ses différents sites afin d'anticiper les évolutions technologiques de cette filière et d'en maîtriser les applications.

Contact :
M. Adrien Ricard
Responsable achats / Responsable QSE
Bouyer Leroux
L'Établère
49280 LA SEGUINIÈRE
Tél. : 02 41 63 76 16

Var : bois et pulpes végétales, sources d'énergie en distillerie

La distillerie La Varoise, implantée à La Crau depuis 1926, emploie 19 personnes. Cette coopérative agricole valorise les sous-produits des deux tiers des exploitations viticoles varoises : 18.000 tonnes de marc et 50.000 hectolitres de lie.

Le traitement des sous-produits du vin

Fonctionnant 24 heures sur 24, du lundi matin à la nuit du vendredi au samedi (voire du samedi au dimanche en période de vendanges) et de la mi-août à juin/juillet, la distillerie traite deux types de sous-produits issus du processus de vinification du raisin :

- le marc, ensemble des parties solides des raisins (pellicules, pépins) récupérées lors du pressage des baies après la phase de macération ;
- la lie, qui décante au fond des cuves à l'issue de la fermentation du jus de raisin.

L'alcool imprégnant le marc et la lie est extrait par distillation et permet l'élaboration d'alcools et eaux de vie. Le marc est ensuite déshydraté dans un tube sécheur dans l'objectif de séparer les pépins (vendus à un tiers pour la fabrication d'huile, la distillerie reprenant les résidus en résultant), les pulpes fines (dirigées vers la fabrication d'engrais ou utilisées comme combustible en interne, ou encore marginalement valorisées en alimentation animale) et les pulpes grossières (brûlées en interne ou broyées et intégrées aux pulpes fines).

Bois et pulpes pour seuls combustibles

Depuis 25 ans, la distillerie utilise des pulpes pour produire l'air chaud alimentant le tube sécheur de 17 m de long (capacité d'évaporation de 6 tonnes d'eau par heure). En septembre 2006, une chaudière Compte / Stein

Energie de 7 MW produisant de la vapeur saturée à 16 bars à partir de biomasse a été installée pour le process de distillation, qui consommait jusqu'alors 1.600 à 2.000 tonnes de fioul lourd par an (les équipements existants sont conservés en secours). Grâce à ces deux unités, la biomasse couvre désormais 100 % des besoins de process de l'entreprise.

Deux types de combustibles sont utilisés :

- pulpes végétales comprenant un peu des pulpes extraites du marc mais principalement d'autres pulpes achetées à des transformateurs locaux : 4.500 t pour la chaudière en 2006-2007 (prévision de 2.500 t pour 2007-2008) et 2.500 à 2.800 t pour le foyer ;
- bois, uniquement brûlé dans la chaudière : 800 t de plaquettes forestières et 700 t de broyat de palettes en 2006-2007 (prévision de 3.500 t pour 2007-2008).

En cas de problème d'approvisionnement ou de prix de valorisation des pulpes trop bas, la distillerie a la possibilité de brûler ces dernières.

Le stockage du combustible est réalisé sous hangar avec une zone de mélange des plaquettes et du broyat. Un chargeur alimente deux trémies d'une capacité totale d'environ 8 m³ : une pour le bois et une autre pour les pulpes. Un tapis horizontal emmène ensuite un mélange des deux combustibles qui est homogénéisé dans un agitateur puis introduit dans le foyer de la chaudière par une double vis sans fin.

Démarches économique et environnementale

L'investissement pour la chaudière de 7 MW s'est élevé à 935.000 € et a été subventionné à hauteur de 21 % (le bâtiment et l'électrofiltre pour le traitement final des fumées existaient déjà). L'entretien courant de la chaudière est réalisé par le personnel de l'entreprise. Le constructeur Compte peut, si besoin, gérer les paramètres de combustion à distance et intervient ponctuellement pour des opérations spécifiques sur site. Le choix de la biomasse pour la distillation est bien entendu lié à un résultat économique positif attendu dans le contexte actuel de remontée du prix des énergies fossiles. La Varoise est satisfaite de son installation mais considère toutefois que les plaquettes forestières sont chères et que la production



Chaudière biomasse de 7 MW en cours de montage.

d'énergie à partir de bois requiert une bonne motivation pour régler les problèmes (logistique, taux d'humidité et granulométrie variables...). L'exploitation et le suivi de l'installation sont plus exigeants en personnel que le fioul lourd et sont générateurs de frais annexes plus importants. La démarche de l'industriel s'inscrit dans le cadre de préoccupations environnementales qui concernent l'ensemble de son activité (traitées en partenariat avec la Chambre de commerce et d'industrie du Var). La coopérative est un moteur dans la struc-

turation de la filière locale de production de plaquettes forestières (à partir de bois exploités à cette fin ou coupés dans le cadre de la lutte contre les incendies) avec une consommation de 800 tonnes en 2006-2007 et la volonté d'en intégrer au moins autant en 2007-2008.

Contact :
M. Didier Marro
Directeur
Distillerie La Varoise
49, chemin Goys Fourniers
83260 LA CRAU
Tél. : 04 94 66 70 98

Fendeuse de bois F-450



Caratéristiques techniques :

Diamètre max. de coupe : 450 mm
 Longueur de coupe : 250 à 500 mm
 Fendeur déporté avec une force de poussée de 25 T à 280 bars
 Puissance nécessaire : 18 Kw
 Cadence : 3 à 4 cycles/min., soit 8 stères en moy./H.
 Grille de fendage 4 positions : 0 - 2 - 4 - 6
 Poids total de la machine : 4.500 Kg



Tél. : +33 (0) 563 650 909
 Fax : +33 (0) 563 651 912
 Site : www.sem-automation.fr
 E-mail : info@sem-automation.fr

SEM AUTOMATION
 Z.A.C. de Meaux
 82300 Caussade
 France



Côte-d'Or : chaudière biomasse pour l'industrie nucléaire

Situé à 45 km au nord-ouest de Dijon, le centre du Commissariat à l'énergie atomique (CEA) de Valduc est un pôle de compétence pour les matériaux nucléaires : étude de leur vieillissement, développement et évaluation des matériaux et technologies des charges nucléaires du futur, réalisation et maintien en condition opérationnelle des armes de la force de dissuasion, démantèlement d'armes retirées du service et recyclage des matières nucléaires qui en sont issues. Le site, classé secret défense, s'étend sur 180 ha (dont 13 ha de bâtiments) et compte 1.000 salariés et 300 sous-traitants permanents. Depuis fin 2005, il est chauffé à la paille et au bois.

Quatre années entre l'idée et la mise en route

A l'origine du projet de chaufferie biomasse : deux agriculteurs qui souhaitent trouver un débouché pour la paille (alors souvent brûlée à l'air libre dans le Châtillonnais) et ont entendu parler d'unités de production simultanée de chaleur et d'électricité à partir de ce combustible. Aucune installation n'existant en France, c'est au Danemark qu'ils sont allés approfondir le sujet. Un projet de cogénération a été étudié mais abandonné pour des raisons économiques ; seule est alors restée l'option fourniture de chaleur au CEA à partir de la paille, à laquelle viendra s'adjoindre du bois, pour limiter les risques de tension sur les prix.

Le CEA, dont les locaux et laboratoires étaient chauffés au fioul lourd, a dès le départ été séduit par l'idée qui lui permet de combiner intérêt économique et amélioration de l'image environnementale de l'industrie nucléaire.

La chaufferie ne pouvant être implantée dans l'enceinte du CEA (hautement protégé !), elle a été construite sur une parcelle appartenant aux deux agriculteurs, de l'autre côté de la route longeant le site industriel. Mise en route en novembre 2005, la chaufferie de 5 MW fournit plus de 20.000 MWh entre septembre et mai (soit les deux tiers des besoins du site) via un réseau enterré



Après la récolte, les bottes sont stockées en quatre endroits éloignés du site de 5 km en moyenne, puis progressivement acheminées vers la chaufferie.

de 1.400 m rejoignant la chaufferie centrale de l'entreprise transformée en sous-station (le réseau interne existant reste donc indépendant). Le centre a gardé ses trois chaudières au fioul lourd (5 et deux fois 10 MW) pour assurer l'appoint/secours.

Une chaufferie complètement automatisée

Le fonctionnement de la chaufferie fait appel à trois catégories d'acteurs :

- la SARL Agro Energie, regroupant les deux agriculteurs à l'initiative du projet, qui a financé l'installation, l'exploite, organise l'approvisionnement et vend la chaleur au CEA ;
- le CEA, unique client de la chaufferie, qui s'est engagé à acheter a minima 20.400 MWh/an pendant 12 ans ;
- les fournisseurs de combustibles, comprenant six exploitations agricoles (dont celle des pionniers) situées à moins de 10 km de la chaufferie qui livrent 5.000 t/an de paille et trois scieries, distantes de moins de 25 km (800 t/an de plaquettes).

Environ 2.000 ha de culture de céréales sont nécessaires pour produire les 5.000 tonnes de paille consommées annuellement. Après la récolte, les

bottes sont stockées en quatre endroits éloignés du site de 5 km en moyenne, puis progressivement acheminées vers la chaufferie, entreposées dans un hangar de 750 m² (qui sert également au stockage du bois), reprises au chargeur et disposées dans le périmètre d'alimentation automatique de la chaudière selon un quadrillage peint au sol. Cette dernière zone, d'une capacité de 240 bottes assurant quatre jours d'autonomie, est équipée d'un système de pont roulant / grappin programmé pour prendre les bottes selon un ordre précis et les déposer sur un tapis roulant où les ficelles sont sectionnées et les bottes découpées. La paille passe alors dans un démêleur puis rejoint la chaîne d'alimentation bois avant l'introduction du combustible mixte dans le foyer de la chaudière.

La paille ayant un taux de silice important, les cendres ont une température de fusion basse. Pour éviter la vitrification de celles-ci, il est nécessaire de maintenir les grilles du foyer "froides" en recyclant les fumées et en les mélangeant à l'air primaire (diminution du taux d'oxygène). Les cendres, extraites par voie sèche, sont épandues sur des cultures, seules ou en mélange avec du fumier de bovins.

Sur un total de 2.350.000 € (bâtiment de stockage et réseau de distribution de la chaleur compris), l'investissement dans la chaîne d'alimentation spécifique à la paille s'est élevé à 150.000 €. L'ensemble a bénéficié d'un taux de subventions de près de 50 % (Europe, Ademe, région et département).

Le prix de vente de la chaleur est indexé sur les prix d'achat des moyens de production agricole (50 %), le coût des équipements en industrie (25 %) et le coût de la main d'œuvre en industrie (25%). Le tarif pour la saison 2007/2008 est de 38,5 €/MWh sortie chaudière.

Outre le bénéfice environnemental (2.000 tonnes de fioul lourd économi-

sées par an), l'opération a permis la création d'un emploi pour l'exploitation de la chaufferie et la consolidation de 1,5 équivalent temps plein pour la récolte, le conditionnement et la livraison de la paille.

Une association paille/bois innovante et satisfaisante

La paille est un combustible très peu utilisé en France et l'installation d'Agro Energie est la seule à brûler paille et bois dans une même chaudière. Les deux premières saisons de chauffe ont permis d'apporter les améliorations nécessaires à un usage optimal du combustible. Les promoteurs de l'opé-

ration envisagent à terme de couvrir 80 % des besoins du CEA.

Aux yeux des initiateurs du projet, la reproductibilité de celui-ci ne fait pas de doute. Une chaufferie paille comportant deux chaudières de 3 MW est d'ailleurs en construction dans l'Yonne et devrait être opérationnelle dans le courant du premier trimestre 2008.

Contact :

M. Charles SCHNEIDER

Gérant

Agro Energie

Echalot

21580 SALIVES

Tél. : 03 80 35 11 02

Fax : 03 80 75 63 03

E-mail : agroenergie@wanadoo.fr

Egletons (Corrèze) : un réseau de chaleur bois pour établissements publics et industriels

Cette commune accueille sur son territoire des établissements d'enseignement très importants, gros consommateurs d'énergie pour le chauffage des locaux et l'eau chaude sanitaire, ainsi que des industriels parmi lesquels des scieries et entreprises de deuxième transformation du bois disposant d'une quantité importante de sous-produits (environ 25.000 t/an hors plaquettes destinées aux papeteries).

6,4 MW bois en délégation de service public

Pour répondre aux besoins de chaleur existants, limiter le recours aux éner-

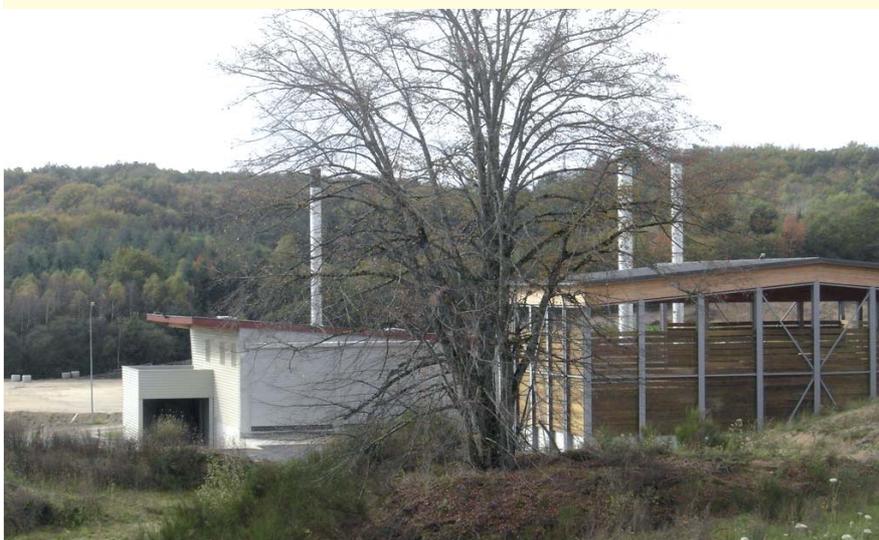
gies fossiles, encourager l'utilisation d'une énergie locale abondante, propre et renouvelable et soutenir l'industrie du bois en valorisant ses sous-produits, la commune d'Egletons a choisi de créer un réseau de chaleur urbain au bois. Elle a sollicité le bureau d'études Débat pour la faisabilité technico-économique et l'assistance à maîtrise d'ouvrage et a lancé une procédure de délégation de service public (DSP) de 24 ans pour réaliser, financer et exploiter les équipements. Adelis-Idex a été retenue comme délégataire et a créé une filiale (Egletons Bois Energie) pour gérer le service public local de production/distribution d'énergie calorifique.

Mise en route fin 2006, l'installation, d'une puissance totale de 18,4 MW, comporte deux chaudières bois de 3,2 MW de marque Weiss (l'une en remplacement d'une chaudière bois existante et l'autre dans une nouvelle chaufferie) et délivre 18.000 MWh tout au long de l'année (soit l'équivalent d'environ 1.850 logements) via un réseau de 4,2 km. L'investissement total s'élève à 4,9 millions d'euros financés à hauteur de 49 % par l'Europe, l'Etat, la région et le département.

La couverture des besoins thermiques est assurée à 90 % par les 6.000 tonnes de combustible bois consommées annuellement, provenant pour l'essentiel de produits connexes des entreprises locales (écorces, copeaux secs...) et de bois de rebut propres. Un bâtiment couvert, adjacent à la chaufferie, d'une capacité de 2.500 m³ permet d'abriter et de sécher les différents produits réceptionnés sur le site, mélangés ensuite afin d'obtenir un combustible homogène (granulométrie, humidité et pouvoir calorifique) alimentant les silos actifs des deux chaufferies.

Un réseau de chaleur desservant des clients industriels

Le réseau de chaleur d'Egletons, dimensionné pour alimenter les gros consommateurs de chaleur de la ville, a pour particularité de desservir à la fois



La chaufferie bois et le hangar de stockage du combustible.

des établissements publics (Ecole d'apprentissage des travaux publics - EATP, lycée Caraminot, IUT, école Beyne) et des entreprises situées sur la zone industrielle (sociétés Stratobois, Charal, Boissac, TBN 19). Actuellement, les industriels souscrivent environ la moitié de la puissance délivrée par le réseau. Cette proportion diminuera à l'avenir puisque de nouveaux bâtiments publics seront raccordés à l'horizon 2010 (centre des congrès, complexe aqua-récréatif, poste, ancien internat du lycée...). L'énergie calorifique achetée par les industriels représentera néanmoins à terme près de la moitié de la chaleur produite et distribuée, puisque les besoins des process s'étalent sur toute l'année, contrairement à ceux des établissements d'enseignement et autres bâtiments du secteur tertiaire qui

consomment de l'énergie thermique uniquement pendant la période hivernale. Cet étalement du fonctionnement des installations des industriels conduit à une exploitation des chaufferies et du réseau de chaleur 12 mois sur 12, ce qui constitue un avantage pour l'amortissement des installations. Les séchoirs des scieries notamment ont des appels de puissance bien répartis sur l'année et entre le jour et la nuit. Les tarifs proposés aux industriels tiennent compte de cette large plage d'utilisation.

Risque financier spécifique

La difficulté du montage d'un réseau de chaleur desservant une proportion significative de clients industriels tient aux risques assumés par l'exploitant de chauffage et par son banquier. La négociation

avec la banque s'est avérée difficile et longue, mais a finalement abouti, puisque aucun des clients industriels ne dépassera à lui seul à terme 25 % de l'énergie totale distribuée, ce qui partage les aléas liés à la vie économique des entreprises.

De façon générale toutefois, il serait souhaitable de disposer à l'échelle nationale d'un fond de garantie qui permette aux collectivités ou à leur délégataire de faire face aux incertitudes inhérentes à la desserte en énergie calorifique de gros clients industriels lorsque ceux-ci représentent plus d'un quart de la chaleur distribuée par un réseau.

Contact :
Ville d'Egletons
Mairie
20, place des Anciens Combattants
19300 EGLETONS
Tél. : 05 55 93 00 36

Jura : le bois énergie pour la fabrication du comté

Coopérative de producteurs laitiers, la Fruitière de la Baroche est spécialisée dans la fabrication du comté : 4,5 millions de litres de lait sont annuellement transformés en fromage (plus de 11.000 meules de 40 kg à trois mois d'affinage) par trois salariés.

La fabrication du comté

Le comté est un fromage d'appellation d'origine contrôlée, produit toute l'année dans 170 ateliers (fruitières) sur une zone qui correspond approximativement au massif du Jura. Chaque étape de sa fabrication est soumise à des règles strictes, à commencer par le périmètre de collecte du lait qui est défini par un cercle de 25 km de diamètre autour de la fruitière, afin d'exprimer au mieux la diversité des terroirs. Le lait est partiellement écrémé, réchauffé à 30 °C dans de grandes cuves en cuivre, laissé à cette température pendant une demi-heure puis emprésuré pour le faire cailler. Le caillé est tranché jusqu'à obtenir des morceaux de la taille d'un grain de riz puis chauffé à 55 °C (montée en température en trente minutes, maintien sur la même durée) pour séparer le petit lait du caillé. Lorsque les grains ont atteint la bonne consistance, le contenu de la

cuve est envoyé dans des moules perforés qui laissent s'écouler le petit lait (valorisé en alimentation animale) et permettent de récupérer le caillé. Les moules sont placés dans une presse et les fromages frais obtenus emmenés dans la cave de la fruitière où ils sont conservés trois semaines à 16-17 °C (pré-affinage) puis dans l'une des caves du massif jurassien où l'affinage se réalise sur trois à quatre mois (12 à 16 °C).

Le choix d'une chaudière à granulés de bois

Depuis mai 2006, la fruitière utilise une chaudière bois de 400 kW (marque La Jurassienne, constructeur local) pour couvrir l'ensemble de ses besoins de process et de chauffage des locaux (aucune autre énergie n'assure l'appoint/secours), à l'exception du maintien de la température de la cave de pré-affinage, assuré par l'électricité. Initialement, la coopérative avait envisagé une chaudière au fioul, mais l'installateur a proposé une solution bois. Le pari n'était pas simple à relever car le profil des appels de puissance (concentration des principaux besoins sur une à deux heures le matin) ne correspond pas au mode de fonctionnement habituel d'une chaudière bois. Il a

fallu trouver des aménagements permettant d'optimiser l'installation :

- les cuves dans lesquelles le lait est caillé sont habituellement chauffées par de la vapeur d'eau : une modification spécifique a dû être apportée afin qu'elles puissent être alimentées par de l'eau chaude via un échangeur à plaques et limiter ainsi les pertes d'énergie liées à la vaporisation de l'eau ;
- un ballon d'hydroaccumulation stockant la chaleur améliore le rendement de la chaudière sur les périodes de faibles besoins en permettant le fonctionnement de celle-ci à puissance nominale à chaque mise en route (l'absence de ballon obligerait au contraire la chaudière à répondre instantanément aux besoins avec des démarrages fréquents sans réelle montée en puissance, impliquant une consommation accrue de bois et une usure prématurée du matériel).

L'élément décisif dans le choix de la coopérative fruitière a été l'octroi de subventions (chaudière bois et échangeur à plaques), qui a permis de ramener le coût de la solution bois pour l'entreprise à un niveau quasi équivalent à celui d'une chaudière fioul. Concernant le combustible, les granulés de bois ont été préférés aux plaquettes pour deux raisons :

- le volume nécessaire au stockage des granulés est, pour le même contenu énergétique, trois fois moindre ;
 - le taux d'humidité des granulés est constant, ce qui n'est pas nécessairement le cas des plaquettes (ce qui risque alors de perturber la montée en température des cuves et d'exiger le recours à un appoint si la puissance fournie par la chaudière à plaquettes n'est pas suffisante). La livraison est réalisée en pneumatique par un fournisseur local, sur simple appel de la fruitière. La consommation annuelle est d'environ 120 tonnes de granulés. L'entretien courant de la chaudière est réalisé par les administrateurs de la coopérative et se limite au décendrage (une à deux fois par mois) et au ramo-

nage des tubes de fumées de la chaudière (deux à trois fois par an). La maintenance est assurée par le constructeur.

Une énergie locale pour le fromage du terroir

La première année de fonctionnement de la chaudière bois a donné satisfaction à la Fruitière de la Baroche, bien que soit apparue la nécessité de procéder à deux améliorations :

- remplacement de l'échangeur à plaques pour le chauffage des cuves par un autre de plus forte puissance ;
- modification des arrivées d'eau du ballon tampon pour une meilleure homogénéisation de la température.

Malgré la forte intermittence des besoins thermiques, le recours au bois énergie est tout à fait envisageable. A condition toutefois de veiller à limiter le plus possible les pertes d'énergie ! Le choix d'une filière locale, réalisé par plusieurs fruitières jurassiennes, offre également un "plus" indéniable à l'image de marque du fromage du terroir jurassien.

Contact :
M. Bruno Cordier
Président
Fruitière de la Baroche
Route de Fraroz
39250 ARSURE ARSURETTE
Tél. : 03 84 51 14 14

Le 36^e Cahier du bois énergie - fait suite aux numéros, parus depuis 1992 :

Compilation 1 (épuisée)

- 1 - Le chauffage collectif urbain (20 juin 1992)
- 2 - Les chaudières turbo-bois (14 novembre 1992)
- 3 - Les cheminées à foyer fermé (24 avril 1993)
- 4 - Des opérations exemplaires (14 janvier 1995)
- 5 - Le chauffage domestique au bois (1^{er} avril 1995)
- 6 - Le bois énergie dans les Pays de la Loire... et à l'étranger (4 novembre 1995)
- 7 - La valorisation des sous-produits du bois (3 février 1996)
- 8 - Approvisionnement des chaufferies (20 avril 1996)
- 9 - Plan bois énergie et développement local (2/9 mai 1998)
- 10 - Cogénération et bois énergie (24/31 octobre 1998)

Compilation 2

- 11 - Le bois de feu dans les maisons individuelles (20 mars 1999)
- 12 - Les réseaux de chaleur au bois (18 mars 2000)
- 13 - Aspects du chauffage domestique au bois (15/22/29 juillet 2000)

14 - Le bois énergie sur la toile :

- les sources d'information accessibles sur Internet (6 janvier 2001)
- 15 - Chauffage et séchage à partir des connexes et des déchets ligneux dans les industries du bois (12 mai 2001)
- 16 - De la matière première aux produits élaborés (8 septembre 2001)
- 17 - Les exploitants de chauffage et le développement du bois énergie (15-22-29 décembre 2001)
- 18 - Séchage du bois et énergie (9 mars 2002)
- 19 - Les petites chaufferies bois à alimentation automatique dans l'habitat et le tertiaire (31 août - 7 septembre 2002)
- 20 - Une chaleur durable pour l'habitat et le tertiaire (21-28 décembre 2002)
- 21 - Séchage du bois en scierie et menuiserie (10 mai 2003)
- 22 - Le bois énergie, une composante essentielle de la filière forêt bois (12 juillet 2003)

- 23 - Le bois énergie dans les logements sociaux (18 octobre 2003)
- 24 - Le bois énergie dans les hôpitaux (10-17 janvier 2004)

Compilation 3

- 25 - Le bois énergie et l'environnement (12 juin 2004)
- 26 - Le bois énergie en Europe (18-25 septembre 2004)
- 27 - Bois d'industrie et bois énergie : concurrence ou complémentarité ? (5 février 2005)
- 28 - Le chauffage domestique au bois (27 août-3 septembre 2005)
- 29 - 1996-2005 : le bois énergie double ses effectifs (8 octobre 2005)
- 30 - Le bois énergie dans les serres maraîchères et horticoles (4 février 2006)
- 31 - La cogénération bois en Europe (15 avril 2006)
- 32 - Bois énergie et entretien du territoire (21 octobre 2006)
- 33 - Montages de projets et accompagnement des maîtres d'ouvrage (1^{ère} partie) (3 février 2007)
- 34 - Montages de projets et accompagnement des maîtres d'ouvrage (2^e partie) (9 juin 2007)
- 35 - L'approvisionnement des chaufferies en combustibles bois (21-28 juillet 2007)

Commandez les compilations sur www.leboisinternational.com

SPECIALISTE DU CERCLAGE - CORDAGE - SANGLAGE

Tél. +33(0)2.38.43.61.22

Fax +33 (0)2.38.72.19.28

LA CROIX NOBLE

65, rte d'Orléans RN152
 45380 CHAINGY
lacroixnoble@cegetel.net

lien synthétique **TOUTES RESISTANCES**
 corde **TORON POLYPROPYLENE** de scierie
 corde **TORON SISAL** de scierie

cerclage et TORON pour fagots de bois de chauffage