



# Le Bois INTERNATIONAL

L'officiel du bois >> Scierie / Exploitation forestière

**62<sup>e</sup> Cahier  
du bois-énergie**

L'hebdomadaire  
de la filière bois

ISSN : 1760 - 4672

**Supplément au N° 43**  
3,50 euros

**samedis 21 et 28 décembre 2013**

Synthèse  
Bois-énergie :  
une filière composite

p.4

CIBE  
Outils  
et bonnes pratiques

p.8

Retours d'expériences  
Le savoir-faire  
des professionnels

p.13



Chaufferie de Maromme (Seine-Maritime) - 8,9 MW bois (crédit Ville de Maromme)

## Bois-énergie collectif et industriel : meilleures techniques et bonnes pratiques



## Broyeurs à marteaux

De la sciure sèche à la farine de bois

Jusqu'à 32 t/h  
BNA200 / 900 kW



- Haut rendement
- Faible consommation d'énergie
- Transmission directe ou indirecte
- Rotor bi-directionnel

### Archimbaud - France

4 presses à granuler - 100 000 t/an  
DIN+ Quality



Votre partenaire, votre succès

## Presses à granuler

De la farine de bois au granulé

Jusqu'à 7 t/h  
Evolution 8105 / 355 kW



- Haut rendement
- Faible consommation d'énergie
- Transmission par courroies
- Rotor lourd
- Fixation parfaite de la filière
- Réglage des rouleaux optimisé

### Piveteau Farges - France

3 presses à granuler - 75 000 t/an  
DIN+ Quality



Route Nationale 12  
F-28410 SERVILLE  
Tél. +33 (0)2 37 38 91 93  
Fax +33 (0)2 37 43 21 84

[promill@promill-stolz.fr](mailto:promill@promill-stolz.fr)  
[www.promill.fr](http://www.promill.fr)



# Bois-énergie collectif et industriel : meilleures techniques et bonnes pratiques

## Sommaire

- Edito, par Serge DEFAYE
- Colloque du CIBE : "Bois-énergie collectif et industriel : meilleures techniques et bonnes pratiques" p.4
- La filière bois-énergie : une entité composite p.4
- Les travaux du CIBE : bonnes pratiques et outils d'accompagnement en réponse aux enjeux p.8
- Le savoir-faire de professionnels :
  - Concevoir des réseaux de chaleur au bois performants sur les plans technique, économique et énergétique : les propositions de Ceden p.13
  - Production de plaquettes forestières et approvisionnement des chaufferies collectives : la vision partenariale de Sundgaubois p.15
  - Adéquation entre combustible et équipement de combustion : l'expérience de Compte R. p.17

### *Faire toujours mieux, en s'appuyant sur un socle de connaissances partagées*

La perfection n'est pas de ce monde et la filière bois-énergie n'échappe pas à la règle. Mais rien n'interdit aux professionnels de l'amont (production et distribution du combustible bois) et de l'aval (conception / construction / exploitation des chaufferies et des réseaux) de recourir aux **meilleures techniques aujourd'hui disponibles** et de mettre en œuvre les **bonnes pratiques désormais connues**.

S'il n'y a pas à proprement parler de révolutions technologiques dans la mécanisation forestière ni dans la thermodynamique (à l'exception des automates qui autorisent beaucoup plus de précisions que l'empirisme d'hier), les progrès au fil des ans sont patents et les **prescripteurs, constructeurs, exploitants, fournisseurs de combustible se professionnalisent, à mesure que les marchés se développent**.

Le CIBE, via ses adhérents qui participent

aux travaux des commissions transversales et thématiques, a très largement contribué à établir **les règles de l'art de nos différents métiers**, qui ne sont pas figées, et à écarter des contre-références passées, lorsque l'on bricolait avec les moyens du bord les premiers chantiers de broyage ou les premières installations à alimentation automatique.

Faut-il encore que les dossiers, présentés dans ce Cahier et régulièrement vulgarisés par le Bois International, soient connus non seulement des adhérents du CIBE mais aussi de tous ceux qui, en tant que conseils, maîtres d'œuvre, fabricants, exploitants, producteurs / distributeurs engagent leur responsabilité, y compris décennale, vis-à-vis de clients publics et privés, qui eux-mêmes ont fait un choix les engageant sur le long terme.

**Tous ceux qui n'ont pas encore ce réflexe sont donc invités à venir consulter et télécharger ces dossiers sur le site du CIBE : pour faire plus, mieux et (si possible) moins cher !**

Serge DEFAYE (Débat)  
Vice-président du CIBE

Les Cahiers du bois-énergie, co-édités par Biomasse Normandie et le Comité interprofessionnel du bois-énergie (CIBE), sont publiés avec le soutien de l'Ademe (direction productions et énergies durables - service bioressources) et du Bois International, sous la responsabilité éditoriale de Biomasse Normandie.

Ce cahier a été préparé par Stéphane COUSIN et Mathieu FLEURY (Biomasse Normandie) et Serge DEFAYE (CIBE).

Nous remercions Dominique PLUMAIL (Ceden), François PASQUIER (Sundgaubois) et Bruno CHIEZE (Compte R.) pour leur contribution, ainsi que les membres des commissions du CIBE "montage de projets aux plans administratif, financier et fiscal" (secrétaire / animateur : Stéphane COUSIN), "approvisionnement des chaufferies et biocombustibles" (secrétaires / animateurs : Rémi GROVEL - Forêt Energie Ressources - et Ludovic GUINARD - FCBA), "retour d'expériences de conception, construction et exploitation" (secrétaire / animateur : Jean-Pierre TACHET - CIBE), "animation bois-énergie" (secrétaire / animatrice : Elodie PAYEN - CIBE) et "stratégie de développement et promotion de la chaleur au bois" (secrétaire / animateur : Jean-Pierre TACHET). Mise en page par la rédaction du Bois International.



# Colloque du CIBE : "Bois-énergie collectif et industriel : meilleures techniques et bonnes pratiques"

Le CIBE et Aprovalbois, avec le soutien de l'Ademe, de la région Bourgogne et du Bois International, et en partenariat avec l'ATEE et SER-FBE, ont organisé le colloque "Bois-énergie collectif et industriel : meilleures techniques et bonnes pratiques" le jeudi 10 octobre 2013 à Dijon. Il a réuni 160 personnes, d'horizons variés.

## **Produire et acheminer les combustibles bois-énergie**

La présentation des outils et pratiques mis en œuvre par les professionnels pour fournir un combustible de qualité et compétitif économiquement tout en minimisant les impacts sur l'environnement s'est faite en deux temps :

- une intervention a fourni le contexte

de la production du bois-énergie en France, illustré par les travaux du CIBE, puis une société d'approvisionnement a témoigné de son expérience en la matière ;  
- une table ronde a réuni des acteurs locaux et nationaux, ce qui a permis un éclairage de cette thématique au niveau de chacun des maillons de la chaîne de production / distribution.

## **Technologies et conduite des installations bois-énergie**

Pour qu'une installation soit performante aux plans technique, économique et environnemental, un maître d'ouvrage doit faire appel à des professionnels expérimentés, au fait des technologies disponibles, des bonnes pratiques d'exploitation et du cadre réglementaire. Un cadrage général a été fait, appuyé

sur les travaux du CIBE, suivi d'un focus sur les recherches européennes en matière de dépoussiérage des fumées et de gestion des cendres. Une table ronde a ensuite permis à des acteurs professionnels de faire état de leurs expériences.

## **La filière bois-énergie dans le cadre d'une réflexion climatique, forestière, énergétique et écologique globale**

Pour terminer, quatre présentations ont abordé l'efficacité énergétique de la filière bois-énergie, la lutte contre l'effet de serre, la hiérarchie des usages industriels et énergétiques et le maintien de la biodiversité.

Ce Cahier du bois-énergie reprend la thématique du colloque et quelques interventions. Les présentations sont téléchargeables sur le site du CIBE [www.cibe.fr](http://www.cibe.fr). ●

# La filière bois-énergie : une entité composite

## **Trois composantes majeures et de multiples interfaces**

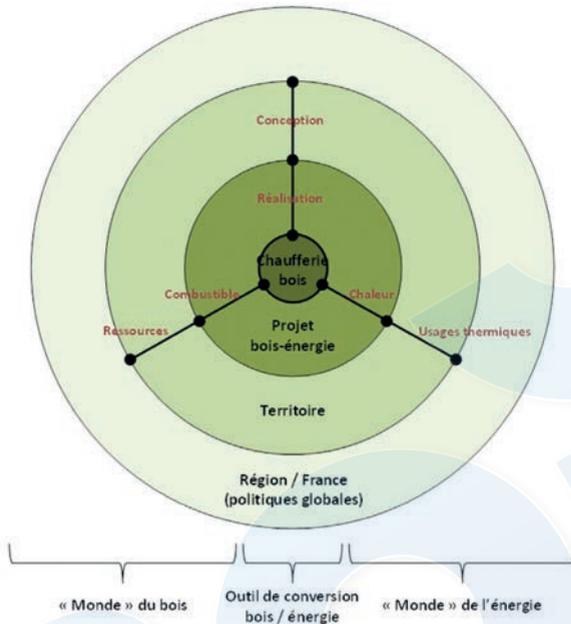
Les attentes sont grandes en ce qui concerne le bois-énergie : les objectifs de production de chaleur (et d'électricité) à partir de cette énergie renouvelable sont en effet ambitieux pour les prochaines

années. Pour y parvenir, des politiques liées à l'énergie, à la filière forêt / bois et à l'aménagement du territoire ont été (ou vont être prochainement) définies au niveau national puis déclinées régionalement pour prendre en compte la diversité des situations.

Mais cela ne suffit pas : ce n'est que par la

mise en œuvre de ces politiques à l'échelle des territoires (dont la taille peut être très variable) et plus spécifiquement par la réalisation de projets bois-énergie dont le point focal est une chaufferie bois que ces visées à plus ou moins long terme pourront prendre corps.

**Composantes et interfaces de la filière bois-énergie.**  
(source Biomasse Normandie)



Si l'on regarde plus précisément les niveaux "territoire" et "projet", on s'aperçoit que la filière bois-énergie est constituée de trois composantes distinctes présentant des interfaces et ayant simultanément pour origine et finalité une (des) chaufferie(s) bois :

- l'outil de conversion bois / énergie : conçu pour satisfaire des besoins thermiques dans les secteurs collectif / tertiaire et industriel en utilisant des ressources ligneuses disponibles dans un périmètre raisonnable, il est réalisé en vue de produire de la chaleur à partir d'un combustible déterminé ;

- le "monde" du bois : les ressources présentes sur le territoire permettent de produire divers combustibles (ces derniers valorisant ainsi les premières) avec pour objectif d'approvisionner des chaufferies en respectant des cahiers de charges précis ;

- le "monde" de l'énergie : les habitants, entreprises et industries du territoire ont des besoins thermiques qu'il est possible de couvrir en partie par des installations

bois-énergie produisant et distribuant la chaleur nécessaire.

Enfin, l'examen de chacune des trois composantes fait apparaître un ensemble d'acteurs ayant des missions qu'il convient de coordonner au mieux pour que la filière bois-énergie soit, dans sa globalité, performante.

### **De la genèse d'un projet de chaufferie bois à sa mise en service**

Un cadrage du projet au plus juste sur les aspects techniques, économiques et juridiques

L'opportunité de réalisation d'une chaufferie bois peut naître de multiples façons. Dans tous les cas, il convient d'informer le maître d'ouvrage des spécificités de la filière bois-énergie : c'est le rôle de l'animateur bois-énergie.

Quand les besoins sont clairement définis, un dossier sommaire (appelé note d'opportunité ou étude de pré-faisabilité) est établi par l'animateur à partir de ratios

simples pour déterminer si une étude plus poussée est nécessaire. Parfois, cette première approche peut amener le maître d'ouvrage à réviser sa demande voire à abandonner le projet.

Monter une chaufferie bois (avec ou sans réseau de chaleur) suppose de bien concevoir le programme technique, d'en évaluer les implications économiques et de bien définir le cadre juridique dans lequel s'inscrit la démarche engagée par le maître d'ouvrage. Répondant à un cahier des charges précis et réalisée par un bureau d'études choisi après consultation, l'étude de faisabilité doit permettre de répondre à ces exigences. Cette dernière est ensuite présentée au demandeur et à l'ensemble des décideurs concernés par le projet (usagers pressentis dans le cas d'un réseau de chaleur). Lorsque le projet est accepté par tous, il est possible de passer à la phase de réalisation, après s'être assuré que les subventions envisagées pourront être obtenues.

### **Une réalisation qui doit viser à faciliter l'exploitation future**

Dans le cas d'une gestion directe (ou indirecte de type affermage), le maître d'ouvrage passe des marchés de maîtrise d'œuvre et de travaux, d'exploitation et de fourniture de combustibles. Pour une gestion indirecte (concession ou bail emphytéotique), c'est le délégataire ou le preneur à bail qui assure l'ensemble de la réalisation. Une planification des travaux doit être réalisée et un suivi de la construction est nécessaire. Avant la mise en route, des essais sont réalisés en relation avec le constructeur de la chaudière. Ce dernier assure une formation de quelques jours pour le personnel d'exploitation.

Une fois que la chaufferie est construite et les travaux réceptionnés, la responsabilité de la conduite, de l'entretien et de la maintenance de l'installation incombe au maître d'ouvrage (exploitation en régie) ou à l'exploitant de chauffage.



	Genèse du projet	Conception	Décision de réaliser	Réalisation	Réception / Mise en service
<b>Maître d'ouvrage de l'installation bois-énergie</b>	●		●		●
<b>Animateur bois-énergie</b>					
<b>Bureau d'études techniques</b>					
<b>Assistant du maître d'ouvrage</b>					
<b>Maître d'œuvre</b>					
<b>Financeurs</b>					
<b>Entreprises (travaux)</b>					
<b>Constructeur / fournisseur chaudière bois</b>					
<b>Exploitant de chauffage</b>					
<b>Fournisseur de combustible bois</b>					

## De la propriété de la ressource en bois à la fourniture de combustible

### Des acteurs nombreux et variés

De l'arbre au combustible dans le silo d'une chaufferie, de nombreux acteurs sont susceptibles d'intervenir dans la chaîne d'opérations qui va de la récolte / collecte des matières ligneuses à la production / fourniture de combustibles bois :

- les propriétaires forestiers publics et privés ;
- les agriculteurs possédant des bosquets, haies... ;
- les collectivités territoriales gérant des parcs arborés, des alignements d'arbres... ;
- l'Office national des forêts (ONF) ; les coopératives forestières et les experts forestiers ;
- les exploitants forestiers ;
- les élagueurs et les entreprises de travaux forestiers et agricoles, ainsi que les coopératives de matériel agricole (Cuma) ;
- les entreprises de transformation du bois (scieries, menuiseries... ) ;
- les sociétés de récupération / recyclage de déchets ;
- les gestionnaires de plates-formes de compostage de déchets verts ;
- les sociétés spécialisées dans la fourniture de combustibles bois.

Depuis quelque temps, s'ajoutent à cette liste les acteurs en lien avec la production

/ fourniture de biomasses agricoles valorisables par combustion.

### Une nécessaire structuration de l'approvisionnement des chaufferies

Avant de s'engager dans la création d'une chaufferie bois, un maître d'ouvrage exige naturellement que certaines assurances lui soient apportées dans le but de garantir :

- la continuité du service de livraison de la chaleur, et donc par voie de conséquence de combustible bois ;
  - la traçabilité du combustible, les collectivités étant en effet très sensibles à la contribution de la filière au développement et au maintien du tissu économique local.
- Quand la chaufferie est en fonctionnement, l'exploitant est en droit d'avoir des exigences contractuelles :
- une livraison en qualité et en quantité suffisantes ;
  - un engagement dans la durée ;
  - un prix compétitif dont l'évolution est calculée sur la base d'indices pertinents ; des prestations annexes (reprise des cendres...).

Enfin, les pouvoirs publics, qui apportent un soutien financier très conséquent lors de la concrétisation des projets, souhaitent :

- s'assurer que les ressources sont bien mobilisées de manière durable afin de préserver le caractère renouvelable du bois-énergie ;

- éviter la concurrence avec les usages actuels du bois et soutenir un développement harmonieux de toutes les filières ;
- éviter une compétition exacerbée entre des fournisseurs potentiels, la "course au prix" constituant un facteur important d'échec et de contre-références.

Il est donc indispensable de structurer les filières d'approvisionnement afin de répondre à l'ensemble de ces attentes.

### De la production à la valorisation de la chaleur

#### Des performances énergétiques et environnementales optimisées

Dans le cas d'une gestion directe (régie), l'exploitation technique d'une chaufferie bois peut être assurée par le personnel du maître d'ouvrage, avec éventuellement un contrat annuel d'entretien et de maintenance avec le constructeur ou avec un installateur / chauffagiste. Le maître d'ouvrage peut néanmoins faire appel à un exploitant de chauffage en concluant un contrat concernant le P1 (fourniture d'énergie), le P2 (conduite et entretien courant des installations) et le P3 (gros entretien et renouvellement des équipements).

Dans le cas d'une gestion déléguée, la responsabilité de l'exploitation incombe nécessairement au cocontractant de la collectivité, à charge pour lui de l'effectuer avec son propre personnel ou de la sous-traiter à l'entreprise de son choix.

**Les acteurs de la composante "outil de conversion bois / énergie" de la filière bois-énergie.**  
(source Biomasse Normandie)

		Ressource				Combustible	
		Propriété	Gestion	Mobilisation	Fourniture	Production	Fourniture
Bois forestiers	Propriétaire forestier						
	Gestionnaire forestier <sup>1</sup>						
	Exploitant forestier <sup>2</sup>						
	Entrepreneur de travaux forestiers						
Bois bocagers	Agriculteur						
	Entrepreneur de travaux agricoles						
Bois issus de parcs / jardins / alignements	Propriétaire <sup>3</sup>						
	Elagueur						
	Gestionnaire de plate-forme de compostage						
Produits connexes de scierie	Industriel du bois						
	Collecteur / recycleur de déchets						
Bois en fin de vie	Particulier, entreprise						
	Collectivité territoriale						
	Collecteur / recycleur de déchets						
Biomasses agricoles	Agriculteur						
	Entrepreneur de travaux agricoles						
	Industriel transformateur						
Toutes ressources	Société spécialisée dans la fourniture de combustibles bois						
	Maître d'ouvrage ou exploitant de l'installation bois-énergie						

<sup>1</sup> Peut être le propriétaire forestier lui-même, une coopérative forestière ou un expert forestier pour les forêts privées, l'ONF pour les forêts publiques.

<sup>2</sup> Peut être le propriétaire forestier lui-même ou une société d'exploitation forestière.

<sup>3</sup> Peut être un particulier, une entreprise ou une collectivité territoriale.

Les acteurs de la composante "bois" de la filière bois-énergie.  
(source Biomasse Normandie)

L'optimisation de l'exploitation est étroitement liée à la combinaison de trois éléments clés :

- la bonne conception de l'installation, qui a été dimensionnée et réalisée pour répondre à un besoin précis et fonctionner avec un type de combustible donné ;
- les caractéristiques du combustible, qui doivent être compatibles avec la chaudière ;
- le niveau de prestation de l'exploitant qui va entretenir, régler et adapter le fonctionnement de l'installation aux besoins des usagers et aux caractéristiques du combustible, de manière à obtenir une combustion optimale et, par voie de conséquence, la meilleure efficacité énergétique possible.

Il n'y a pas de configuration idéale, mais uniquement des règles de l'art et des cahiers des charges à respecter, avec des solutions adaptées à chaque contexte.

### Une fourniture de chaleur répondant aux besoins

Sur un réseau de chaleur, la bonne gestion des interfaces entre production et distribution requiert une concertation entre gestionnaires des réseaux primaire et secondaires afin de bien planifier les besoins de chaleur et anticiper les éventuels problèmes.

Le contrat de vente de chaleur a pour objectif de préciser et fixer les relations entre le gestionnaire du réseau primaire et l'utilisateur : il est bâti pour être opposable aux parties sur une longue durée (de préférence calée sur la durée de vie de l'installation).

Pour une chaufferie dédiée, c'est bien souvent la même entreprise qui gère l'ensemble production / distribution et il n'y a pas de vente de chaleur (sauf cas particulier).

### ✓ ZOOM

#### Pour aller plus loin

Les thématiques abordées dans cet article ont été explorées dans certains Cahiers du bois-énergie :

**CBE n° 59** : "Optimisation de l'efficacité énergétique des installations bois-énergie collectives et industrielles" (Le Bois International n° 16 du 27 avril 2013) ;

**CBE n° 58** : "Collectivités territoriales et professionnels : coopération incontournable pour développer le bois-énergie" (LBI n° 43 des 22 et 29 décembre 2012) ;

**CBE n° 55** : "Les spécificités des réseaux de chaleur au bois : le point de vue d'un assistant à maître d'ouvrage" (LBI n° 9 des 3 et 10 mars 2012) ;

**CBE n° 54** : "Montée en puissance du bois-énergie : enjeux pour les territoires, conséquences pour les acteurs" (LBI n° 41 du 3 décembre 2011) ;

**CBE n° 51** : "Documents de référence sur le bois-énergie" (LBI n° 10 du 12 mars 2011) ;

**CBE n° 44** : "Approvisionnement des chaufferies collectives et industrielles au bois : comment marier économie et développement territorial ?" (LBI n° 42 du 12 décembre 2009).



## Les acteurs de la composante "énergie" de la filière bois-énergie.

(source Biomasse Normandie)

	Chaleur			Usages thermiques	
	Production	Distribution (réseau primaire)	Fourniture	Distribution de chaleur (réseau secondaire)	Valorisation de la chaleur
Maître d'ouvrage de l'installation bois-énergie	●		●		●
Fournisseur de combustible bois					
Exploitant de chauffage (chaufferie + primaire)					
Exploitant de chauffage (secondaire)					
Acheteur / utilisateur de la chaleur					

# Les travaux du CIBE : bonnes pratiques et outils d'accompagnement en réponse aux enjeux

Le Comité Interprofessionnel du Bois-Energie (CIBE) réunit des acteurs (souvent de taille modeste) dispersés sur le territoire et coordonne leurs réflexions dans l'objectif de professionnaliser les pratiques, établir les règles de l'art et promouvoir les chaufferies de forte et moyenne puissances auprès des décideurs publics et privés.

## Des commissions thématiques pour réaliser les travaux

L'association dispose de cinq commissions couvrant les secteurs d'utilisation de la chaleur dans son champ de compétence (collectif / tertiaire, réseaux de chaleur, industrie et cogénération).

Parmi celles-ci, deux sont transversales : "stratégie de développement et promotion de la chaleur au bois" et "animation bois-énergie".

Les autres s'appuient sur les trois composantes de la filière bois-énergie : "montage des projets aux plans administratif, financier et fiscal", "approvisionnement des chaufferies

et biocombustibles" et "retour d'expériences de conception, construction et exploitation".

Chaque adhérent est invité à intégrer une ou plusieurs commissions, selon ses sujets de prédilection, pour partager et échanger de façon constructive au sein de ces groupes de travail.

La commission "stratégie de développement et promotion de la chaleur au bois" œuvre à la recherche et à la sensibilisation de nouvelles cibles pour l'utilisation énergétique du bois, notamment en diffusant les travaux du CIBE à l'occasion de journées techniques à destination des collectivités et, dans un avenir proche, des industriels.

La commission "animation bois-énergie" s'attache à renforcer le réseau des animateurs régionaux et départementaux par la mutualisation des outils et la réalisation de rencontres annuelles. Les retours de terrain des animateurs permettent d'alimenter les échanges de l'ensemble des commissions.

La présentation des travaux des autres commissions fait l'objet du reste de l'article.

## Montage des projets aux plans administratif, financier et fiscal

Cette commission examine les modes de gestion, la rentabilité et le financement des projets bois-énergie.

### Modes de gestion

Dans l'objectif de clarifier le champ du possible en matière de montage juridique des projets, chaque mode de gestion envisageable pour une chaufferie dédiée ou un réseau de chaleur a fait l'objet d'une fiche présentant ses caractéristiques principales et quelques retours d'expérience ont été réalisés pour certains montages peu usités pour les projets bois-énergie.

En outre, un document de synthèse présente les différents montages juridiques s'offrant aux collectivités pour la gestion du service public de distribution d'énergie calorifique, selon l'implication qu'elles souhaitent avoir : conservation de la maîtrise d'ouvrage et/ou du contrôle du service (gestion directe ou indirecte), mutualisation de la

maîtrise d'ouvrage (société publique locale – SPL), transfert de la maîtrise d'ouvrage à une communauté de communes ou un syndicat intercommunal. La commission a par ailleurs fait le bilan des **modalités d'application de la TVA** aux projets bois-énergie dans le secteur collectif. Les réflexions se poursuivent actuellement sur deux thématiques :

- le recensement des **conditions minimales de mise en place (financières notamment) d'une SPL** pour qu'elle soit un véritable levier pour le développement des projets bois-énergie ;
- l'analyse et la mise en évidence, dans le cadre d'un réseau de chaleur, des atouts et limites de la **dissociation production / distribution de chaleur** (la première pouvant être réalisée par un opérateur privé et la seconde étant du ressort de la collectivité) en précisant les différents modes de contractualisation possibles.

### Rentabilité et financement

L'équilibre économique des projets est évalué au cas par cas par rapport à une situation de référence, en coût global de la chaleur. Ce point étant une source de difficultés, notamment avec les maîtres d'ouvrage, la commission a collecté des retours d'expérience des modes d'établissement de ces situations de référence, en a fait un état des lieux et a proposé des **méthodes de cadrage qui puissent favoriser l'harmonisation en la matière**.

La commission a par ailleurs recensé des **éléments de réflexion concernant la rentabilité** liés aux points de vue adoptés : par le maître d'ouvrage de la chaufferie ou du réseau ;

- par les abonnés / usagers dans le cas d'un réseau de chaleur ;
- par l'opérateur énergétique dans l'hypothèse où l'opération est une délégation de service public ou fait appel à toute autre forme d'externalisation du

			Puissance chaudière bois (Pbois)	Energie totale délivrée (E)	E/Pbois	Linéaire de réseau (L)	Densité thermique linéaire (E/L)
			kW	MWh utiles	MWh / kW	ml	MWh utiles / ml
Chaufferie Dédicée	Petite et Moyenne Puissance	CDPMP	500	1 300	2,4	300	-
			700 1 000	2 000 2 800	2,9 3,3		
	Fort Puissance	CDFP	2 400 3 200 4 000	6 000 8 000 10 000	- 2,5 3,0	600	-
Réseau de Chaleur	Petite Puissance	RCPP	300	700	2,0	300	1,0
			400 500	1 000 1 200	2,5 3,0	600 1 000	1,7 2,5
	Moyenne Puissance	RCMP	900 1 200 1 600	2 300 3 000 4 000	2,0 2,5 3,0	1 000 1 800 3 000	1,0 1,7 2,5
Fort Puissance	RCFP	2 100 3 600 4 500	7 000 12 000 15 000	2,9 3,3 3,6	2 000 3 000 4 000	2,5 4,0 6,0	

Cas types et paramètres variables du simulateur conçu par la commission "montage de projets".  
(source CIBE)

montage de projet et du financement ;  
- par les partenaires institutionnels et financiers qui apportent des subventions.

Les points clés relatifs au financement des opérations bois-énergie ont été identifiés : besoins de financement, porteur du financement selon le mode de gestion choisi, modes de financement et montages envisageables, ventilation des risques selon leur nature et les acteurs les supportant. Afin d'aider les porteurs de projets dans leurs relations avec les financeurs, la commission a réalisé un document dont l'objectif est de **caractériser les risques** en pointant les aspects aggravants et spécifiques à la filière biomasse et de **proposer des modalités contractuelles qui permettent de les quantifier et les limiter**.

Enfin, des difficultés de plus en plus fréquentes sont observées pour le financement des projets à l'occasion de la mobilisation des fonds publics comme privés. Pour lever ces freins, il semble qu'il faille s'extraire des systèmes "classiques" (subventions publiques / prêts bancaires) pour envisager des systèmes "innovants" susceptibles de combiner plusieurs modes de financement. La commission travaille actuellement sur ce sujet.

### Aides publiques et mécanismes de marché

Des fiches synthétiques ont été élaborées

pour présenter le fonctionnement et les spécificités du **Fonds chaleur**, des **certificats d'économie d'énergie** et des **quotas de CO<sub>2</sub>**.

En outre, chaque année, la commission analyse les **impacts des évolutions des règles et critères d'attribution des aides du Fonds chaleur** et transmet à l'Ademe des **propositions visant à maximiser l'efficacité du dispositif**.

### Simulations économiques

Afin d'analyser la sensibilité de la **rentabilité des projets bois-énergie à la variation de paramètres technico-économiques**, la commission a conçu un simulateur intégrant six cas types (chaufferie dédiée ou réseau de chaleur, dans trois gammes de puissance bois – petite, moyenne et forte), étalonnés sur la base de cas réels "référents". D'autres analyses ont également été menées :

- **impact d'une écotaxe sur la rentabilité** des projets de chauffage collectif au bois (une actualisation aura lieu lorsque la loi de finances pour 2014 sera votée) ;
- **charges récupérables et non récupérables** dans les logements collectifs ;
- **perspectives d'usage des granulés de bois** comme combustible dans les secteurs collectif et industriel ;
- **comparaison des différents systèmes de soutien** à la production d'énergie à partir de biomasse.



## Approvisionnement des chaufferies et biocombustibles

Cette commission traite les problématiques relatives à la ressource en bois, aux combustibles et à l'approvisionnement des chaufferies, qu'elles soient d'ordre technique, économique ou réglementaire.

### Ressource en bois

De 2009 à 2012, la commission a organisé **neuf réunions régionales** dont l'objectif était double :

- après avoir identifié les principaux acteurs de l'amont de la filière, échanger et débattre entre professionnels :
  - des dynamiques de mobilisation des ressources en bois ;
  - de l'organisation de l'offre en combustibles bois ;
- établir l'état des lieux et faire des recommandations en vue d'assurer la montée en puissance du bois-énergie à l'échelon régional en sécurisant l'approvisionnement des chaufferies :
  - amélioration des outils et/ou mesures de mobilisation de la ressource ;
  - évaluation des possibilités de synergie des offres en combustibles (complémentarité des filières).

Sur la base des bilans de ces réunions régionales, la commission a dressé, en 2012, un **panorama des moyens, outils et aides disponibles ainsi que des contraintes concernant la mobilisation**

**de biomasse forestière supplémentaire** en tenant compte de la variabilité régionale. Elle a également fait des propositions pour financer des actions pertinentes de mobilisation de la ressource, c'est-à-dire bien ancrées sur les territoires. En 2013, face au fort développement du bois-énergie (projets Fonds chaleur et BCIAT, unités de cogénération), notamment dans certaines régions concentrant beaucoup de projets, l'Ademe et les cellules biomasse ont fait un constat partagé de la difficulté à mesurer les tensions réelles sur la ressource. La commission a alors mené une enquête auprès de nombreux acteurs en région afin d'apporter à l'Ademe, dans la perspective de la préparation du Fonds chaleur 2014, une réponse à la question de savoir comment continuer à accompagner le développement des projets tout en favorisant un rééquilibrage régional et en limitant les tensions sur les approvisionnements. Un premier document a été produit, précisant d'une part **l'existence ou non de tensions en région** (et détaillant celles-ci le cas échéant) et listant d'autre part des **propositions d'améliorations dans le périmètre actuel du Fonds chaleur**. Une seconde note, à venir, fera des **recommandations relatives à un fonds pour la mobilisation de la biomasse**, outil complémentaire du Fonds chaleur et indispensable pour l'atteinte des objectifs que la France s'est fixés.

Dans ce contexte d'évolution très rapide et régionalement très variée du développement du bois-énergie, **il apparaît ainsi nécessaire d'avoir une approche suivie des flux et des équilibres offre / demande par "bassin bois-énergie"**.

### Combustibles bois

Suite à une enquête aboutissant au constat qu'un très grand nombre de classes normatives de combustibles bois ne correspondaient pas à la réalité du terrain et donc des produits effectivement livrés en chaufferies, la commission a élaboré une **classification simplifiée, validée par les professionnels** (producteurs / fournisseurs de combustibles, constructeurs de chaudières). Distinguant **cinq classes de combustibles** selon la puissance de la chaudière, **elle ne se substitue pas aux référentiels normatifs existants** mais les rend applicables dans la pratique usuelle.

Pour mieux connaître les prix des combustibles bois et cerner leurs évolutions, plusieurs structures professionnelles et fédératives (Fédération nationale du bois – FNB, France bois forêt – FBF) ont engagé en 2010, sous l'impulsion du CIBE, une réflexion afin d'élargir le panel des structures enquêtées par le Centre d'études de l'économie du bois (CEEB) à l'ensemble des producteurs / fournisseurs de bois-énergie et revoir la liste des produits concernés. Validée par le

**Classification professionnelle simplifiée des combustibles bois déchetés.**  
(source CIBE)

Catégorie	Description	Granulométrie	Taux d'humidité	Classe de puissance de la chaudière bois (MW)				
				< 0,3	0,3 à 0,8	0,8 à 1,5	1,5 à 4	> 4-5
C1	Plaquettes calibrées fines sèches	P16-P45A	M15-M25/30					
C2	Plaquettes calibrées ressuyées	P45-P63	M30-M40					
C3	Plaquettes grossières humides	P63-P125	M35-M45					
C4	Broyats secs	P100-P200	M10-M20					
C5	Mélanges et broyats humides	P100-P200	M45-M55					

Comité du label du Conseil national de l'information statistique (CNS) en mai 2011, cette **enquête est devenue obligatoire pour toutes les entreprises commercialisant du bois-énergie**. Les acteurs disposent donc actuellement d'une **mercuriale indicée des différents produits bois-énergie**, qu'ils soient bruts ou élaborés (en correspondance directe avec la classification simplifiée élaborée par le CIBE), publiée trimestriellement. Pour aider à la compréhension et à l'interprétation des indices bois-énergie, une note explicative a été réalisée.

La commission a également examiné la **décomposition des coûts des combustibles** utilisés en chaufferie bois, avec pour objectif de :

- définir des décompositions types ;
- mieux appréhender l'adéquation coût de production / prix de vente des combustibles ;
- contribuer à une meilleure indexation des formules contractuelles de révision des prix dès lors que celles-ci visent à refléter la réalité des structures de coût des combustibles livrés.

A court terme, il est envisagé d'analyser les **coûts de transport** selon les filières logistiques possibles.

Par ailleurs, le CIBE travaille activement, avec cinq autres organisations professionnelles, sur le dossier de **sortie du statut de déchet pour les bois d'emballage** (dont les palettes). Cette catégorie de combustible, utilisée dans de nombreuses installations, va voir en effet son statut réglementaire évoluer à compter de début 2014, du fait des nouvelles dispositions concernant les installations de combustion (rubrique 2910 des installations classées pour la protection de l'environnement).

Enfin, la commission suit l'évolution de la **normalisation des combustibles bois** et adaptera la classification simplifiée si le passage des normes européennes aux normes ISO le nécessite.

### Approvisionnement des chaufferies

La démarche qualité d'un approvisionnement en combustible commence par l'établissement d'un **contrat entre le fournisseur de bois d'une part et le maître d'ouvrage ou l'exploitant de la chaufferie d'autre part**. Il résulte d'un cahier des charges précis et d'une discussion sérieuse aboutissant à un compromis entre les deux parties. La commission a travaillé sur ce sujet :

- rédaction d'un **document d'aide préalable à la rédaction du contrat**, comportant toutes les bonnes questions que le maître d'ouvrage /exploitant d'une chaufferie bois doit se poser et inclure dans la consultation afin d'espérer une offre d'approvisionnement satisfaisante et adaptée à son projet ;
- élaboration, d'après le retour d'expérience de chaufferies de forte puissance, d'un **contrat type** qu'il convient d'adapter au cas par cas ;
- réflexion et simulations pour le cadrage de **formules de révision du prix du bois** s'appuyant sur les indices bois-énergie du CEEB et d'autres concernant les diverses composantes du prix final (transport, main d'œuvre...), transparents et aisément compréhensibles (travail en cours) ;
- enquête sur les protocoles et équipements utilisés en chaufferie et/ou par les fournisseurs pour la **mesure du taux d'humidité des combustibles livrés** et les besoins d'amélioration des systèmes selon la nature des projets ;
- réalisation d'une note compilant les bonnes pratiques de **traçabilité et contrôle de la qualité du combustible livré** ;
- retour d'expériences entre clients et fournisseurs visant à préciser, selon la taille des chaufferies, les enjeux de la **facturation** en fonction de la qualité des combustibles bois et des moyens mis en œuvre pour la caractériser.

La commission a également effectué une analyse des outils proposés pour l'élaboration des **plans d'approvisionnement** requis pour les chaufferies collectives et industrielles bénéficiant du Fonds chaleur et a produit des recommandations sur les critères évaluatifs à utiliser dans ces plans selon la taille des chaufferies et la nature de celles-ci.

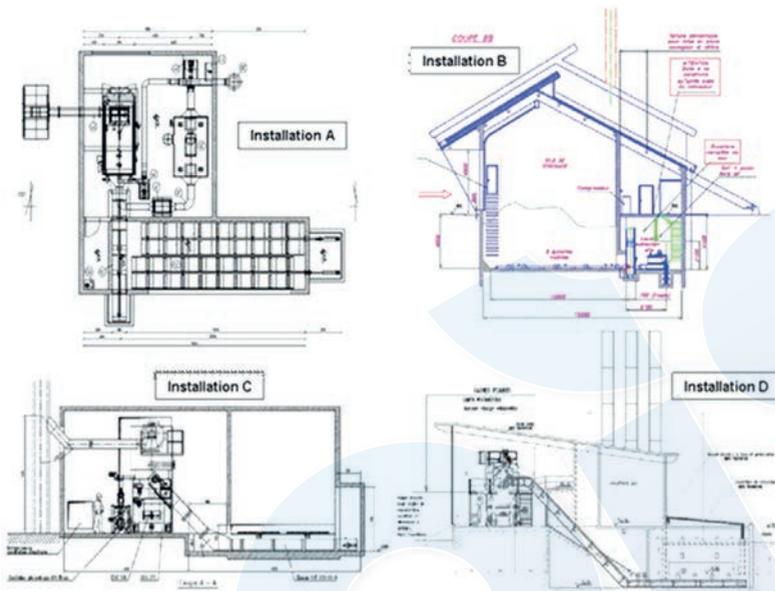
### Retour d'expériences de conception, construction et exploitation

Cette commission a pour objectif d'analyser le retour d'expérience d'installations bois-énergie et d'en tirer des enseignements génériques permettant de contribuer à bâtir les règles de l'art.

### Optimisation de la conception / réalisation d'un projet

La conception, la mise en œuvre et l'exploitation d'une chaufferie collective au bois, avec ou sans réseau de chaleur, supposent une coopération entre de nombreux intervenants, de l'animation de la filière à la mise en service et à la gestion quotidienne des équipements. La commission a ainsi :

- recensé l'ensemble des **catégories d'acteurs** intervenant sur les projets de chaufferies bois ainsi que leurs **missions** ;
  - analysé "pas à pas" (chronologiquement) les phases "**promotion**" et "**prise de décision**" d'un **projet bois-énergie** puis "**réalisation**" et "**mise en service**" de l'installation en listant les dysfonctionnements possibles et les remèdes envisageables.
- La synthèse des **procédures et bonnes pratiques** pour vérifier le bon fonctionnement d'une installation, le niveau de performances obtenu, le respect des engagements du constructeur et l'atteinte des objectifs fixés est en cours. En matière de **génie civil**, la commission a analysé l'**emprise foncière et l'intégration architecturale** des silos de stockage du combustible et du hall chaudière bois de quatre installations conçues par des constructeurs différents.



## Optimisation du fonctionnement d'une installation

Des enquêtes ont été menées afin de recenser les dysfonctionnements survenus en chaufferie pour les postes :

- **stockage du combustible bois** en chaufferie et **alimentation automatique** de la chaudière (livraison, stockage, désilage, convoyage, introduction dans le foyer) ;
- **combustion du bois** dans le foyer, **récupération de chaleur** et **évacuation des gaz** (alimentation en combustible, foyer, chaudière, organes de dépolluissage) ;
- **gestion des cendres** en chaufferie (foyer, échangeur, chaîne d'extraction, dispositif de convoyage, stockage).

Leurs causes, les conséquences d'exploitation et les solutions apportées pour y remédier ont été identifiées et la commission a assorti ces retours d'expériences de recommandations pour améliorer la conception des projets.

Par ailleurs, les **bonnes pratiques d'exploitation des chaufferies bois** ont été compilées à partir du retour d'expérience des exploitants d'installations, constructeurs

de matériels et animateurs bois-énergie.

La commission travaille actuellement sur :

- **l'optimisation** du fonctionnement et des performances d'un réseau de chaleur ;
- la **sécurité des personnes**.

## Analyse et comparaison de technologies

Les analyses de technologies réalisées par la commission ont jusqu'ici porté sur trois sujets :

- **amélioration de l'efficacité énergétique** :
  - **adéquation entre moyens de production et besoins en énergie** : état des lieux des techniques mises en œuvre pour répondre à cette exigence, avec approfondissement de celle de l'hydro-accumulation ;
  - **condensation des fumées** : présentation des principes thermodynamiques et thermochimiques, description des technologies appliquées aux chaufferies bois, éléments de réflexion pour une utilisation en France ;
- **réduction des émissions atmosphériques** particulières et gazeuses liées à la combustion :
  - **dépolluissage des fumées** : description

Quelques vues des installations considérées pour l'analyse génie civil (emprise foncière et intégration architecturale).

(source CIBE)

d'un multicyclone, d'un électrofiltre et d'un filtre à manches et analyse de leurs caractéristiques (efficacité, coûts d'investissement et d'exploitation, sensibilité aux hautes températures et à l'humidité, bruit, installation, encombrement...) ;

- **réduction des émissions d'oxydes d'azote** : état des lieux et perspectives, détail des technologies avec éléments techniques et économiques dans différentes gammes de puissances, aperçu des performances atteignables ;
- **chaufferies bois en container** : spécificités, avantages et inconvénients, conditions à satisfaire pour répondre aux besoins de certains segments du marché.

## Valorisation des cendres

La commission a examiné, à partir du retour d'expérience de plusieurs exemples opérationnels, les perspectives en matière de **valorisation des cendres** issues de la combustion du bois en chaudière, particulièrement pour ce qui est de l'**épandage agricole** : méthodes et procédures, éléments techniques et réglementaires.

## ✓ ZOOM

### Pour aller plus loin

Quelques travaux des commissions du CIBE ont été détaillés dans certains Cahiers du bois-énergie :

**CBE n° 57** : "Combustibles bois : prix de vente, coûts de production et formules contractuelles d'évolution du prix" (LBI n° 32 du 29 septembre 2012) ;

**CBE n° 56** : "Génie civil des chaufferies et réseaux de chaleur au bois" (LBI n° 24 du 30 juin 2012) ;

**CBE n° 53** : "L'animation bois-énergie" (LBI n° 36 du 29 octobre 2011) ;

**CBE n° 49** : "Echanges entre professionnels sur l'approvisionnement des chaufferies bois dans cinq régions" (LBI n° 42 du 13 décembre 2010) ;

**CBE n° 41** : "Chaufferies collectives au bois : approches économiques et financières" (LBI n° 16 du 25 avril 2009).

Tous les documents produits par les commissions sont accessibles aux adhérents du CIBE sur l'espace du site [www.cibe.fr](http://www.cibe.fr) qui leur est réservé.

## Les propositions de Ceden

# Concevoir des réseaux de chaleur au bois performants sur les plans technique, économique et énergétique

Fondé en mars 2006, Ceden mène des études à caractère stratégique pour des collectivités territoriales, réalise des études de faisabilité et conduit des missions d'assistance à maîtrise d'ouvrage dans les domaines des énergies renouvelables (notamment le bois-énergie) et des traitements biologiques des déchets biodégradables. Par extension, Ceden se préoccupe, à l'occasion de profondes réhabilitations de quartiers existants ou de la construction d'éco-quartiers, de la maîtrise des consommations d'énergie et de l'optimisation des coûts.

La chaufferie de Maromme (Seine-Maritime) - 8,9 MW bois.  
(crédit : Ville de Maromme)



**Maximiser la quantité d'énergie distribuée tout en minimisant les coûts d'investissement et d'exploitation du réseau**

Les principales cibles d'un réseau de chaleur au bois sont les territoires urbains consommant beaucoup d'énergie où sont concentrés logements collectifs, établissements de santé



et d'enseignement... Les équipements à forte intermittence d'usage (gymnase, salle polyvalente...) sont plus complexes à raccorder, sauf lorsqu'ils sont situés à proximité immédiate d'un réseau initialement conçu pour desservir les bâtiments ciblés.

De manière à dimensionner correctement le réseau, il est indispensable de caractériser quantitativement, mais aussi qualitativement, les besoins énergétiques de chacun des usagers à raccorder : consommation de combustible et profil des appels de puissance, mode de production de l'eau chaude sanitaire, régime de température et type d'émetteurs existants...

**L'optimisation de la performance des moyens de production d'énergie est étroitement liée à cette analyse.**

Le bois doit en outre intervenir en complément des sources de chaleur fatale (chaleur d'incinération, chaleur industrielle perdue, data center...).

## **Anticiper les retards de construction des quartiers neufs pour en atténuer les effets**

Les lois Grenelle ont modifié le Code de l'urbanisme et obligé les aménageurs à réaliser des études relatives au développement des énergies renouvelables et à la création de réseaux de chaleur dans les éco-quartiers. Les programmes de renouvellement urbain élaborés dans ce cadre sont cependant confrontés à une pénurie d'acquéreurs et prennent un retard parfois considérable.

**L'allongement des délais de réalisation (voire la non construction) de certains bâtiments déstabilise l'économie des concessions de service public,**

ce qui suscite, à peine quelques années après leur mise en place, des aménagements :

- en allongeant la durée du contrat de concession (mais la loi n'autorise qu'au plus une année pour motif d'intérêt général) ;
- en compensant par le raccordement de nouveaux abonnés à proximité immédiate, ce qui nécessite des travaux de réseaux non prévus initialement ;
- en apportant un financement extérieur à la concession :
  - soit dans le cadre de l'aménagement du quartier (la charge étant ensuite répartie au prorata des acquéreurs) ;
  - soit au travers de droits de raccordement.

Pour atténuer ce type de risque, il est souhaitable d'étendre d'emblée le réseau à des quartiers voisins, ce qui permet d'asseoir le service public de distribution de la chaleur sur des ventes rapides auprès d'abonnés existants. Il est aussi envisageable de raisonner par tranche, au fur et à mesure du développement du quartier, et de prévoir un tarif évolutif, fonction des extensions réellement réalisées.

## **Valoriser l'énergie contenue dans les fumées**

Les fumées d'une chaufferie bois se composent d'une proportion élevée de vapeur d'eau, issue, pour partie, du combustible et résultant, pour le complément, de la réaction de combustion. L'énergie contenue dans cette eau peut être récupérée en recourant à la condensation.

Vertueuse, cette technologie permet, pour une énergie utile délivrée équivalente, de réduire la consommation de combustible bois (de 5 à 20%) et la production de cendres associée. Elle présente d'autres avantages

environnementaux : réduction des pollutions atmosphériques, suppression éventuelle du panache de fumée en sortie de cheminée, amélioration de l'efficacité de la distribution de la chaleur... En contrepartie, une gestion des condensats est à prévoir. La performance de cette technologie est d'autant meilleure que :

le taux d'humidité du combustible est élevé (pour une bonne combustion, il est toutefois impératif qu'il reste dans la plage autorisée par le constructeur de la chaudière) ;

la température de retour du réseau est basse (dans tous les cas, inférieure à 50 °C).

Ainsi, **la condensation des fumées peut être étudiée sur un réseau (ou une branche de réseau) à basse température alimentant des bâtiments nécessitant des régimes de températures faibles pour leur chauffage** : piscines, logements avec planchers chauffants, quartiers neufs ou bénéficiant de programmes de rénovation thermique importants, serres horticoles...

Bien évidemment, il faut vérifier que le gain de rendement obtenu permette de compenser les surcoûts d'investissement et d'exploitation liés à la mise en œuvre d'un condenseur. Si tel est le cas, l'installation de cet équipement de valorisation de l'énergie contenue dans les fumées doit être privilégiée.

### **Contact**

M. Dominique PLUMAIL  
Ceden  
Immeuble Alpha  
9, rue Georges Braque  
76000 Rouen  
Tél. : 02 35 12 44 77  
E-mail : plumail@ceden.fr  
Site : www.ceden.fr

## La vision partenariale de Sundgaobois

# Production de plaquettes forestières et approvisionnement des chaufferies collectives

Créée en 1988, Sundgaobois est une entreprise de travaux forestiers du territoire de Belfort employant quatre salariés. Initialement axée sur la sylviculture, le bûcheronnage et le débardage, elle a démarré le déchetage de bois en 1998. Désormais, la production de plaquettes forestières est l'unique activité de la société, qu'elle exerce en tant que prestataire pour des tiers ou producteur / fournisseur de combustible pour des chaufferies collectives.

### **Partager des plates-formes pour optimiser la logistique de production / livraison**

Sundgaobois dispose, en propre, de deux déchetageuses mobiles (420 et 620 CV), d'un crible fixe (tamis oscillant), de trois engins de manutention et de deux camions ampliroll. En outre, la société gère trois aires intercommunales de stockage de combustible bois.

Pour l'organisation de la production / livraison de plaquettes, Sundgaobois utilise bien évidemment ses matériels mais n'hésite pas à faire appel à des entreprises disposant d'équipements de

mobilisation du bois (abatteuses, porteurs...), de plates-formes et de matériels de transport pour optimiser la gestion de ses flux. La société part en effet du principe **qu'il est plus facile de déplacer les matériels que le bois** et a donc instauré un système de partenariat avec ces acteurs (dont certains approvisionnent aussi des chaufferies), grâce auquel elle peut :

- assurer le stockage de plaquettes issues de chantiers forestiers réalisés à proximité de la plate-forme et destinées à alimenter une chaufferie des environs (moindres frais de transport) ;
- acheter des bois à son partenaire ou au contraire lui vendre des plaquettes ;
- réaliser des prestations de déchetage.

Cette organisation nécessite toutefois d'avoir des partenaires fiables et des moyens de contrôle des quantités de bois concernées par chaque opération.

### **S'unir pour remporter de nouveaux marchés**

En 2004, Sundgaobois s'est associée avec une de ses consœurs entreprises de travaux forestiers (Billotte SA), créant ainsi le groupement d'intérêt économique (GIE) Bois énergie grand Est, afin de garantir l'approvisionnement de chaufferies collectives de taille importante et obtenir des marchés difficilement accessibles à chacune des sociétés séparément.

Dès le départ, il a été convenu que le GIE se positionnerait comme candidat pour la fourniture de combustible bois aux chaufferies de puissance supérieure à 1 MW, ses membres s'interdisant de répondre individuellement. Pour les chaufferies plus petites, la concurrence entre ceux-ci reste possible. En outre, chaque société garde les contrats qu'elle a obtenus avant le regroupement.

Le GIE permet également de mutualiser la charge de financement du stock de plaquettes quand il s'écoule plusieurs mois voire un an entre l'achat du bois et la vente du combustible.

En pratique, la livraison de plaquettes forestières vers des chaufferies collectives par le GIE n'a été que de 1.000 à 1.500 tonnes pour la saison de chauffe 2012-2013 alors que dans le même temps Sundgaobois en commercialisait 9.000 tonnes et en produisait près de 40.000 tonnes en prestation de service (le poids du GIE dans son chiffre d'affaire n'est que de l'ordre de 5%).

### **S'engager contractuellement pour garantir un service de qualité**

Avant de s'engager sur la fourniture du combustible, Sundgaobois visite la chaufferie et a des échanges avec le maître



d'ouvrage ou l'exploitant afin de bien cerner les caractéristiques requises et les modalités de livraison envisageables. Les contrats conclus avec les acheteurs sont annuels ou pluriannuels (jusqu'à cinq ans).

La régularité et l'homogénéité du combustible, obtenues par séchage et criblage des plaquettes, sont primordiales. Le contrôle de la qualité est principalement visuel et le taux d'humidité est estimé par la densité du combustible (masse du chargement rapportée au volume de la benne) et par utilisation d'une sonde. Si le client le souhaite, des échantillons sont prélevés et une dessiccation est effectuée dans un four à micro-ondes. Dès qu'il y a interrogation,

Sundgaubois incite ses clients à refuser le camion (ceci ne s'est toutefois pas produit depuis au moins trois ans) : une nouvelle livraison est moins onéreuse qu'un arrêt de la chaudière (vidange de silo et prise en charge du combustible d'appoint utilisé). Les cendres ne sont pas reprises par Sundgaubois.

Dans le cas des contrats obtenus par le GIE Bois énergie grand Est, les associés se répartissent la fourniture de combustible de manière à ce que chaque chaufferie ne soit approvisionnée que par l'un d'eux. En effet, les matières premières, déchiqueteuses et cribles employés ne sont pas les mêmes et aboutissent à des produits différents. La dissociation permet ainsi d'assurer la constance de qualité

**Production de plaquettes forestières sur plate-forme.**  
(source Sundgaubois)

du combustible et évite l'incertitude quant à la responsabilité en cas de problème. En conclusion, la stratégie partenariale développée par Sundgaubois a permis à la société de se développer, de renouveler le matériel régulièrement et d'améliorer la qualité des prestations.

## Contact

M. François PASQUIER  
Sundgaubois  
35, rue des Carrières  
90200 Vescemont  
Tél. : 03 84 56 20 05  
E-mail : [sund.pasquier@wanadoo.fr](mailto:sund.pasquier@wanadoo.fr)

## L'expérience de Compte R.

# Adéquation entre combustible et équipement de combustion

Héritière d'une entreprise créée il y a plus de 120 ans, la société familiale Compte R. conçoit et fabrique depuis 1965 des chaudières bois, devenues dans les années 90 sa spécialité exclusive. Installée dans le Puy-de-Dôme, elle emploie 110 salariés et propose une très large gamme d'équipements, tant en termes de puissance (de 200 kW à 12 MW) que de fluide caloporteur (eau chaude, eau surchauffée, vapeur, fluide thermique, air chaud) ou de combustible (tous types de bois, granulés, biomasses agricoles, sous-produits de l'industrie agroalimentaire).

### La conception des foyers à bois, un sujet maîtrisé

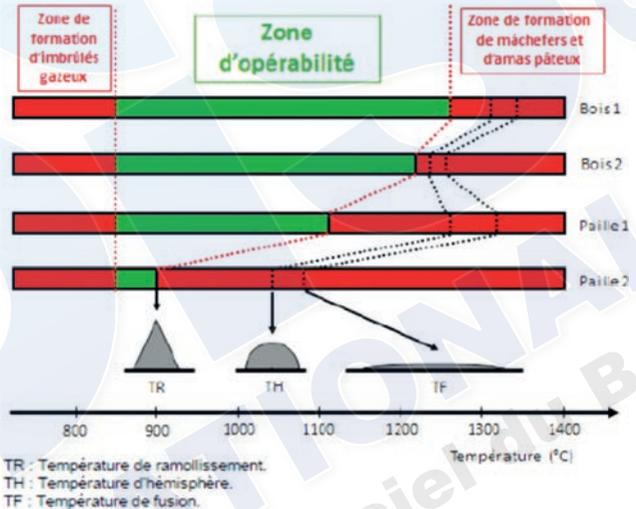
La combustion du bois, réaction chimique d'oxydation avec dégagement de chaleur, est un processus qui s'effectue en quatre phases :

- séchage ;
- pyrolyse / gazéification ;
- oxydation des gaz ;
- combustion du résidu charbonneux.

Lors de son réchauffement dans le foyer, le bois est d'abord séché puis séparé en hydrocarbures solides et gazeux (pyrolyse) sous l'action de l'air comburant primaire.

#### Zone d'opérabilité de quelques biomasses.

(source Ademe / Atanor / Compte R. / Institut P' / Lermab)



A 600 °C environ, 85% de la masse sont libérés sous forme gazeuse (gazéification), avec production de monoxyde de carbone et d'hydrogène.

Ces gaz combustibles sont ensuite mélangés à l'air comburant secondaire en vue de leur oxydation (une température d'au moins 850 °C dans le foyer est indispensable pour assurer une combustion complète), aboutissant à la production de chaleur et de fumées (dioxyde de carbone et vapeur d'eau).

Pour obtenir le minimum de polluants dans les fumées (monoxyde de carbone – CO, oxydes d'azote – NOx) et maintenir une température de foyer inférieure à celle de fusion des cendres, il est nécessaire d'avoir un bon réglage des

débits et de la répartition de l'air, ainsi qu'un mélange efficace combustible / air comburant, fonction de la géométrie du foyer.

La zone d'opérabilité, délimitée par les températures minimale et maximale acceptables dans le foyer, est assez étendue avec le bois.

### De nouveaux combustibles viennent perturber l'ordre établi

Depuis quelque temps émerge une volonté de plus en plus fréquente d'utiliser comme combustibles de nouveaux produits : bois d'élagage, refus de criblage de compost, broyats de souches, biomasses agricoles diverses (pailles, miscanthus,



**Combustion de rafles de maïs chez Limagrain à Ennezat (Puy-de-Dôme) – 3,5 t/h de vapeur (alimentation en combustible au premier plan, chaudière en arrière-plan).**  
(Crédit photo : Compte R.)

rafles de maïs...) voire sous-produits de l'industrie agroalimentaire (tourteaux, grignons d'olives, pépins de raisins...). Si cette tendance est légitime et souhaitable (elle permet une meilleure valorisation des ressources disponibles sur les territoires), force est de constater que cela ne va pas sans problème.

En effet, les caractéristiques de ces combustibles sont différentes de celles du bois, souvent dans de larges proportions : taux de chlore, de soufre ou d'azote plus élevés, masse volumique plus faible, taux de silice et de cendres plus importants, température de fusion des cendres plus basse... La zone d'opérabil-

ité pour une bonne combustion est ainsi fortement réduite et, lors d'un usage dans une installation "classique" prévue pour du bois, il en résulte systématiquement une formation de mâchefers, l'abrasion ou la corrosion des tubes de fumées, une émission de polluants atmosphériques, une cadence d'alimentation en combustible insuffisante pour atteindre la puissance souhaitée...

### **Préconisations et solutions pour un bon usage de ces nouveaux combustibles**

S'il devait n'y avoir qu'une préconisation à faire, ce serait de ne pas assimiler

ces nouveaux combustibles à du bois ou de la plaquette forestière mais bien de les identifier en tant que tels.

Ainsi, avant d'utiliser l'un d'entre eux, il est nécessaire de connaître, outre le taux d'humidité et la granulométrie, certaines de ses caractéristiques élémentaires : taux de chlore, de soufre, d'azote et de cendres, température de fusion des cendres, masse volumique.

**Des solutions techniques existent pour valoriser au mieux ces produits.**

Pour une chaudière de faible puissance, le recours à une conception spécifique est inévitable de manière à assurer une température de foyer plus faible et une température des fumées plus élevée qu'avec le bois. Pour une installation de taille plus importante, bien qu'une chaudière dédiée soit préférable, une mixité avec du bois pour un usage dans une installation "classique" peut être envisageable dès lors qu'une bonne homogénéisation du combustible est obtenue en amont du foyer (silo de stockage équipé d'un grappin monté sur un pont roulant) et sous réserve de ne pas atteindre les seuils critiques de composition chimique. Pour éviter les déboires, il est nécessaire, dans tous les cas :

- que les caractéristiques du combustible envisagé soient bien connues pour que le constructeur puisse proposer un équipement adapté ;
- que l'installation ne brûle, tout au long de sa vie, qu'un combustible répondant au cahier des charges établi par le constructeur. ●

#### **Contact**

M. Bruno CHIEZE  
Compte R.  
Z.I. de Vaureil  
63220 Arlanc  
Tél. : 04 73 95 01 91  
E-mail : bruno.chieze@compte-r.com  
Site : www.compte-r.com

**L'ÉNERGIE D'UN GROUPE**  
CHAUDIÈRES AUTOMATIQUES  
A BOIS ET BIOMASSE  
DES SOLUTIONS COMPLÈTES

respondeur.com

**GROUPE  
COMPTEUR R.**

COMPTEUR R - ZI DE VAUREIL 63220 ARLANG - FRANCE  
TEL. 33.473 950 191 - WWW.COMPTEUR-R.COM  
*La chaleur haute technologie, à votre service*

**nidal.fr** 40 ans d'expérience dans le Bois Energie  
au service de vos compétences !

**Eschlböck BIBER**

**LA PLUS GRANDE GAMME DE DECHIQUETEUSES  
A PLAQUETTES D'EUROPE**

- Ø admissibles de 12 à 75 cm
- Prise de force ou moteur thermique
- Plaquettes de taille G30 à G100
- Volume de production jusqu'à env. 200 m<sup>3</sup>/h

**NOUVEAUTE 2014:  
LA DECHIQUETEUSE DE  
BOIS BIBER 6**

- Une machine compacte et légère pouvant s'adapter à tous les types de terrain
- Idéal pour les exploitants forestiers ainsi que pour les paysagistes
- Largeur d'alimentation de 49 cm pour des diamètres de bois de 32 cm
- Tambour porte-couteaux nouvellement développé économe en énergie et facile d'entretien
- Et toujours une haute qualité de granulométrie de taille G30-G40

**NIDAL - 2, rue Vauban - ZI n°2 - 68170 RIXHEIM**  
Tél: 0389.318.585 - Fax: 0389.318.580 - info@nidal.fr - www.nidal.fr

**froling**

**LA NOUVELLE  
GENERATION  
DE CHAUDIÈRES  
FROLING.**

- Chaudières à bois déchiqueté copeaux et granulés (7 à 2000 kW)

**pour:**  
S4 Turbo (F)  
SP Dual  
T4 Pellet  
T4

**PLUS X AWARDS**  
AWARDED AS  
**BEST PRODUCT OF THE YEAR  
2012**

Froling SARL | 1, rue Kellermann | F-67450 Mundolsheim | Tél. 03 88 193 269 | Fax 03 88 193 260 | www.froling.fr | froling@froeling.com

Meilleurs vœux à tous nos clients ainsi qu'à tous les lecteurs !

**E<sup>st</sup> VIGNEAU**  
**Matériel forestier**  
10 rue de la Saint-Pierre  
51300 NORROIS

Service commercial (+33)6 82 72 07 77  
SAV (+33)6 19 95 58 29  
Nicolas Vigneau (+33)6 11 33 81 14  
Fax : (+33) 03 26 41 20 92  
nicolas.vigneau@hotmail.fr

Solution conçue par des professionnels  
pour des professionnels.



La forêt, Notre métier !

**FABRICATION FRANÇAISE**

[www.vigneau-materiel.com](http://www.vigneau-materiel.com)