



# Le Bois INTERNATIONAL

L'officiel du bois >> Scierie / Exploitation forestière

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

L'hebdomadaire  
de la filière bois

**Supplément au N° 14**  
3,50 euros  
**samedi 14 avril 2018**

ISSN : 1760 - 4672

Synthèse  
Cogénération : applications  
et solutions techniques

p. 4

Etat des lieux  
Encadrement  
et développement du secteur

p. 7

Retour d'expériences  
L'exemple de sociétés de services  
et d'industriels

p. 13



## La cogénération bois en France



Électricité et chaleur par le bois



**KOHLBACH**

RELEASE ENERGIES  
INCREASE BENEFITS

Chaudières biomasse  
& cogénération

- Études
- Fabrication
- Services

[www.kohlbach.fr](http://www.kohlbach.fr)

Contact : [kbf@kohlbach.fr](mailto:kbf@kohlbach.fr)  
ou M. Marc HOUIN - 06 12 13 67 69

 **UNIFOREST®**

TREUILS FORESTIERS -  
**PROFI, PREMIUM et  
STANDARD**

**FENDEUSES  
TITANIUM**  
de 10 à 27 tonnes

COMBINÉ  
SCIEUR/FENDEUR  
**TITAN 40/20  
PREMIUM**

PINCES À  
GRUME  
**SCORPION**

**PINCES**

Distributeur en France  
Bureau de liaison commerciale  
usine - **Nicolas Barras**  
T 06 42 32 75 19  
E [n.barras@blcu.fr](mailto:n.barras@blcu.fr)

Uniforest d.o.o.  
T + 386 3 777 14 30  
F + 386 3 777 14 18  
E [anja.ozir@uniforest.si](mailto:anja.ozir@uniforest.si)  
[www.uniforest.com](http://www.uniforest.com)



**Le BOIS**  
INTERNATIONAL.COM  
L'Officiel du Bois

REJOIGNEZ-NOUS  
SUR LES RÉSEAUX SOCIAUX...



...ET DÉCOUVREZ  
NOTRE CHAÎNE YOUTUBE !

DES DÉMOS POUR PLUS D'INFO



YouTube FR Le Bois International

# La cogénération bois en France

## Sommaire

- Edito, par Serge DEFAYE p.3
- Considérations énergétiques et environnementales de la cogénération au bois p.4
- Les technologies de production d'électricité à partir de bois p.5
- Production d'électricité à partir de bois : évolution des dispositifs de soutien et développement des installations p.7
- La cogénération bois, un axe de développement pour Dalkia p.13
- La production simultanée de chaleur et d'électricité à partir de bois, une complémentarité intéressante pour Engie Cofely p.14
- Cogénération biomasse sur l'usine de pâte à papier Fibre Excellence Saint-Gaudens (Haute-Garonne) p.16
- Cogénération bois avec fourniture de chaleur à deux industries agroalimentaires par Akuo Energy (Somme) p.17

## Cogénération bois en France :

### des questions qui appellent des réponses pragmatiques ?

Selon Observ'ER, la production combinée d'électricité et de chaleur, à partir du bois, représente en Europe 90,2 TWh/an, essentiellement en Europe du Nord (Suède, Finlande) et continentale (Allemagne, Pologne). Avec seulement 2,5 TWh/an, la France fait pâle figure, rapportée à sa démographie. Encore faut-il souligner que l'électricité ex-bois est produite essentiellement par le secteur historique de la papeterie, auquel s'ajoutent depuis une dizaine d'années de moyennes industries du bois (panneaux et scieries) et quelques réseaux de chaleur, notamment à l'initiative de Dalkia (CRE 3).

Les attermoissements et changements de pied de l'Administration depuis 15 ans, concernant les règles de soutien financier (obligation d'achat et appels d'offres CRE), n'y sont pas pour rien ! Ainsi en 2016, parmi les projets lauréats des appels d'offres CRE 1, 2, 3 et 4, moins de la moitié ont été mis en service et il est fort probable que la plupart des autres sont abandonnés et/ou hors délais. Au-delà du parcours du combattant que doivent suivre les candidats à ces appels d'offres, il ne faut pas se cacher l'obstacle que constitue l'exigence d'un puits de chaleur quantitativement trois fois plus important que l'électricité produite (pour atteindre le seuil d'efficacité énergétique globale de 75%). Cette contrainte est cependant légitime au regard d'une saine gestion des ressources renouvelables (mais limitées) et on ne dira jamais assez combien ont été regrettables et très mal perçues par les professionnels et les riverains les opérations d'électro-génération seule de Gardanne et de Brignoles (lesquelles ne seraient plus possibles aujourd'hui).

La cogénération bois dispose néanmoins de niches de marché qu'il faut saisir : les établissements industriels gros consommateurs d'énergie thermique tout au long de l'année. Toutefois, une condition est indispensable si on veut avoir des chances d'atteindre les objectifs ambitieux en la matière de la Loi de transition énergétique pour la croissance verte : les protagonistes concernés (Administration, professionnels de l'énergie, industriels...) doivent se mettre autour d'une table et analyser de concert les réelles difficultés qui s'opposent à la mise en place de ces projets dans des délais raisonnables et s'accorder avec pragmatisme pour les dépasser !

Serge DEFAYE

DEBAT/BEST-ENERGIES

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 forêt, alimentation et bioéconomie) et du Bois International, sous la responsabilité éditoriale de Biomasse Normandie.

Ce Cahier a été préparé par Stéphane COUSIN et Mathieu FLEURY (Biomasse Normandie), Serge DEFAYE et Clarisse FISCHER (CIBE). Nous remercions pour leur contribution Grégory RAT (GR2E), Pascal BONNE et Tiphaine CROVILLE (Dalkia), Bernard SCHNEIDER (Engie Cofely), François LEWIN (Fibre Excellence / SEBSO), Erginos MICROMATIS (Fibre Excellence Saint-Gaudens) et Pierre-Adrien BAUDELET (Akuo Energy / Kogeban / CBEM). Mise en page par la rédaction du Bois International.



# Considérations énergétiques et environnementales de la cogénération bois

## **Obtenir un rendement global élevé**

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 (cf. sur ce point la directive européenne 2012/27/UE relative à l'efficacité énergétique).

Ceci suppose que la cogénération soit pilotée par les besoins thermiques du site (raisonnement "de thermicien") et non par la production d'électricité (raisonnement "d'électricien"). Dans le cas contraire, seule la valorisation thermique de la biomasse est écologiquement envisageable.

## **Adapter la production d'électricité aux besoins thermiques**

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

- ceux pour lesquels ces derniers sont **saisonniers ou climatiques** ;
- ceux pour lesquels ils sont **continus et faiblement variables**.

Pour la première catégorie (comme les réseaux de chaleur urbains), la variabilité des besoins en chaleur induit (même avec des technologies évoluées) une forte variation du niveau de production électrique au long de l'année (sauf à dégrader le rendement de cogénération), lui conférant un caractère aléatoire. Pour éviter ceci, deux solutions existent :

- ne fonctionner qu'en période de pleine activité, mais il existe un risque de rentabilité économique insuffisante lié au nombre trop faible d'heures de fonctionnement ;
- mettre en œuvre une installation de moindre capacité électrique afin que la chaleur cogénérée par son fonctionnement à pleine puissance corresponde à un talon de besoins thermiques à satisfaire toute l'année.

Pour la seconde catégorie (dans laquelle on peut inclure les industries du papier, de la chimie...), la conception du système pourra être faite pour une production correspondant ou s'approchant des besoins réels du site. 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 ; dans le contexte 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.

## **Mobiliser le combustible dans un rayon défini**

Pour la filière biomasse, il faut considérer en priorité la disponibilité de la ressource (qu'elle soit constituée de produits issus des industries du bois, de la forêt ou de bois de récupération) dans une aire géographique définie autour du site de cogénération. Un plan d'approvisionnement doit être réalisé et soumis à l'aval des autorités compétentes en la matière (cellules régionales biomasse) en vue de prévenir les conflits d'usage et de garantir la pérennité de la fourniture de combustible. Une attention particulière est à porter en phase de montée en puissance des installations : il convient d'anticiper suffisamment tôt les flux nécessaires afin de permettre la structuration solide des filières d'approvisionnement. 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.

# Les technologies de production d'électricité à partir de bois

Pour transformer l'énergie contenue dans le bois en électricité, on distingue trois voies principales :

- **la combustion du bois**, avec l'ensemble foyer / chaudière / turbine à vapeur / alternateur mettant en œuvre :
  - **l'eau comme seul fluide** ; c'est le cycle de Rankine " conventionnel ", technologie de cogénération la plus utilisée, et ce de longue date, pour des puissances allant de quelques MWé à plusieurs dizaines de MWé ;
  - **deux fluides distincts (huile thermique et fluide organique)** ; c'est le cycle organique de Rankine (ORC), dont l'usage industriel s'est développé depuis les années 2000, principalement en Allemagne, Autriche et Italie, pour des puissances de quelques centaines de kWé à quelques MWé ;
- **la gazéification du bois** via la chaîne gazéifieur / moteur à gaz / alternateur ; son développement industriel date de moins de dix ans et concerne des puissances de quelques dizaines de kWé, les unités

étant majoritairement installées en Allemagne, Autriche et Italie.

## Filière combustion

Après combustion du bois dans un foyer (de type grilles mobiles, spreader stocker ou lit fluidisé selon la puissance), une chaudière permet l'échange de chaleur entre les gaz et le fluide caloporteur, qui peut être de l'eau (il est alors également le fluide de travail) ou de l'huile thermique qui cède ensuite son énergie à un fluide organique. Le fluide de travail est alors injecté dans une turbine, organe de conversion énergie thermique / énergie mécanique permettant la mise en rotation d'un arbre, lequel assure à son tour la rotation de l'alternateur, organe de conversion énergie mécanique / énergie électrique.

### Turbines à vapeur d'eau

Deux types de turbines sont distingués :

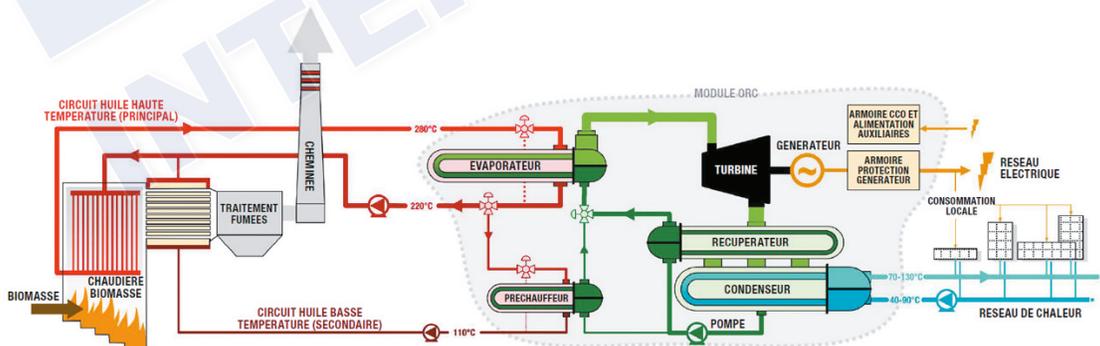
- les turbines à contrepression ;
- les turbines à prélèvement et condensation.

Pour la première catégorie, la pression de

vapeur en sortie de turbine est au minimum de 3 à 5 bars mais peut également être plus élevée (10 à 15 bars) en fonction des besoins en aval (process industriel, réseau de chaleur...). La production électrique est strictement liée à la production thermique avec un rapport 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 puissances inférieures à 15 MWé, 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 et le rendement électrique reste faible : 10 à 15% en dessous de 5 MWé, 15 à 20% au-delà.

Production d'électricité à partir de bois par cycle organique de Rankine.

(source EnerTime)





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 et la pression de la vapeur en sortie de turbine peut descendre jusqu'à 40 millibars, ce qui fait apparaître des condensats. L'électricité est donc dans ce cas générée prioritairement et de façon dé耦plée par rapport aux besoins thermiques et aux variations de ceux-ci. Contrairement aux turbines à contrepression, 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 puissance supérieure à 5 voire 15 MWé. Le rendement électrique peut atteindre 25 à 30% mais le rendement global de l'instal-

lation est souvent faible, la valorisation de la chaleur à basse température (qui représente environ 60% de l'énergie fournie par le combustible) ne pouvant se faire que si l'on dispose d'un débouché suffisant.

**Cycle organique de Rankine (ORC)**  
L'ORC ressemble beaucoup au cycle de vapeur classique, mais présente la particularité de comporter deux circuits de fluides : un fluide de travail (généralement à base de silicone) et un fluide caloporteur (huile thermique haute température) permettant la vaporisation du précédent. La vapeur organique est ensuite détendue dans une turbine entraînant l'alternateur. En aval de la turbine, la vapeur est condensée grâce à la source froide (réseau de chaleur par exemple) puis le liquide est pompé pour revenir dans l'évaporateur, bouclant ainsi la suite des opérations dans le circuit fermé.

Ce sont les besoins thermiques qui pilotent l'installation, auxquels sont asservis le débit et la température de l'huile thermique et donc la charge de la chaudière. La production d'électricité suivra ainsi les variations de régime : un module ORC pou-

vant travailler à 10% de son nominal (soit bien en dessous du minimum technique d'une chaudière biomasse), une grande plage de modulation est possible (avec toutefois un impact sur les rendements à tous niveaux aux faibles charges). Le rendement électrique varie généralement de 15 à 20% selon les températures respectives des sources chaude et froide alimentant le module ORC.

## Filière gazéification

Le but de la gazéification est de **transformer le bois en un combustible gazeux homogène** comprenant 30 à 80% de H<sub>2</sub> et CO (gaz pauvre), ouvrant des perspectives intéressantes pour la production d'électricité.

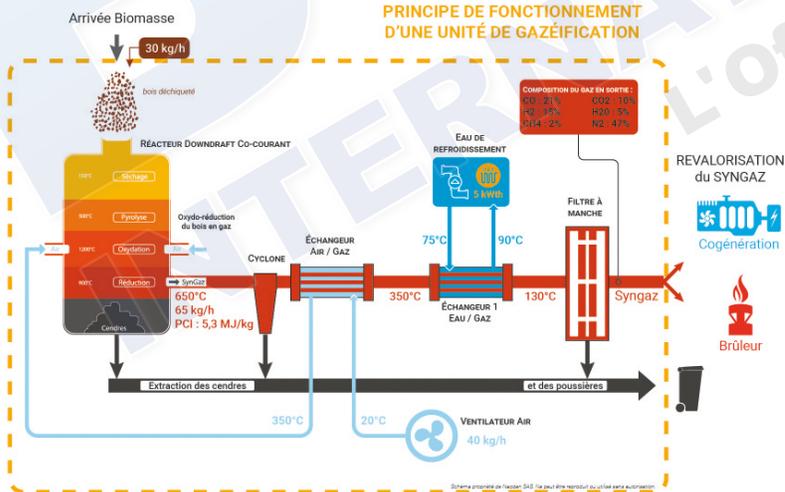
Les installations de petite (voire micro) cogénération actuellement commercialisées utilisent un **réacteur à lit fixe co-courant** : le bois et l'agent oxydant (air) se déplacent dans le même sens. Le gaz produit est évacué du réacteur près de la zone la plus chaude, induisant une faible concentration en goudrons, puis brûlé dans un moteur à gaz pauvre entraînant un alternateur. Le combustible utilisé doit être sec (environ 15% d'humidité), de granulométrie bien précise (quelques cm<sup>3</sup>) et exempt de poussières. D'autres procédés de gazéification existent mais n'ont à ce jour pas été développés au stade industriel :

- réacteurs à lit fixe à contre-courant : le combustible est introduit par la partie supérieure et l'agent oxydant (air, air enrichi en oxygène, oxygène) par le bas ; le gaz, évacué près de la zone de pyrolyse du bois, présente une teneur en goudrons importante ; ce procédé peut être utilisé avec des combustibles humides et est relativement peu sensible à leur granulométrie ;
- réacteurs à lit fluidisé dense, circulant ou entraîné, qui nécessitent un combustible sec (moins de 20% d'humidité) et de granulométrie précise (2 à 5 mm).

### Gazéification du bois dans un réacteur à lit fixe co-courant.

(source Naaden SAS)

### PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UNE UNITÉ DE GAZÉIFICATION



 ZOOM**Atouts et points de vigilance d'une installation à cycle organique de Rankine (ORC)****Interview de Grégory RAT, Gérant de GR2E,***responsable France pour Uniconfort et agent commercial pour Turboden***Le Cahier du bois-énergie (CBE) :** Dans quelles situations peut-on envisager une installation ORC ?

**Grégory RAT (GR) :** D'une manière générale, une installation de cogénération bois doit être dimensionnée en caractérisant tout d'abord les besoins thermiques, puis en déterminant le fluide qui sera en mesure de les satisfaire et enfin en choisissant la technologie de production d'électricité. Dans le cas de besoins en eau chaude pour le process ou le chauffage de locaux, l'ORC peut être envisagé sur une large plage de puissance, de 10 kWé à 5 MWé. Il supporte très bien les variations de puissance (de 30 à 100%) ainsi que les cycles marche / arrêt et la chaudière à huile thermique qui fournit en général l'énergie pour la vaporisation du fluide organique se conduit aisément et ne nécessite pas de traitement d'eau, contrairement à une chaudière à vapeur ou eau chaude. D'un point de vue économique, en France, l'ORC va très bien se positionner jusqu'à 3 MWé.

**CBE :** Quel est le rendement électrique d'un module ORC ?

**GR :** Le rendement électrique net (déduction faite de la consommation des auxiliaires) varie de 8 à 21-22% selon la température des fluides alimentant le module : plus celle-ci est élevée en entrée et basse en sortie, meilleur est le rendement. Par exemple, pour un fluide thermique à 315 °C et un réseau de chaleur dont le régime de température est 80-60 °C, le rendement est de l'ordre de 20% ; il monte à 21-22% lorsque le régime du réseau est 60-40 °C.

**CBE :** Quels conseils donneriez-vous pour obtenir un bon fonctionnement d'une installation ORC ?

**GR :** L'optimisation de l'ORC réside dans la maîtrise de l'ensemble source chaude / ORC / source froide : la chaudière à huile thermique et le module peuvent avoir des performances exceptionnelles, si les variations de température de la source froide ne sont pas correctement gérées, l'installation sera défaillante. Il est donc primordial, sous peine de contre référence, qu'un seul professionnel conçoive l'intégralité du process de production d'électricité : chaudière / ORC / distribution hydraulique.

# Production d'électricité à partir de bois : évolution des dispositifs de soutien et développement des installations

La loi n° 2000-108 du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité a défini le cadre du soutien à l'électricité produite à partir de sources renouvelables, reposant sur :

- **l'obligation d'achat :** EDF et les entreprises locales de distribution (ELD) doivent acheter aux producteurs qui en font la demande, à des tarifs réglementés fixés pour chaque filière par arrêté ministériel, l'électricité qu'ils produisent à partir d'installations de moins de 12 MWé ;
- **les appels d'offres :** lorsque le développement des capacités de production ne

permet pas de répondre aux objectifs arrêtés dans la politique énergétique, notamment ceux concernant les techniques de production et la localisation géographique des installations, le ministre chargé de l'énergie peut recourir à la procédure d'appel d'offres ; celle-ci permet de fixer la puissance qui pourra bénéficier du soutien public, les projets étant sélectionnés en fonction notamment du prix d'achat de l'électricité proposé par les candidats.

Avant que ce cadre législatif ne soit défini, de l'ordre de 10 à 15 unités de cogénération bois étaient déjà en fonctionnement

dans les papeteries et quelques autres industries du bois, avec valorisation des sous-produits d'activité (écorces, liqueurs noires...) et autoconsommation de l'électricité. Ces anciennes installations ne sont pas considérées dans cet article car elles ont été, pour une large part, modernisées dans le cadre des appels d'offres lancés depuis 2003 et dès lors intégrées dans le bilan de ceux-ci.

## L'obligation d'achat

La procédure d'obligation d'achat d'électricité produite à partir de biomasse s'est appuyée sur trois arrêtés



tarifaires (16 avril 2002, 28 décembre 2009 et 27 janvier 2011) avant d'être abandonnée en mai 2016. Elle n'a jamais recueilli la faveur du ministère en charge de l'énergie, qui lui a toujours préféré, par principe, les appels d'offres.

## Arrêté tarifaire d'avril 2002

Dans le cadre de ce premier arrêté tarifaire, le contrat d'achat est établi sur 15 ans, le producteur garantissant une puissance sur, au choix, l'hiver tarifaire (du 1<sup>er</sup> novembre au 31 mars) ou l'ensemble de l'année.

La rémunération de l'énergie livrée sous une puissance inférieure ou égale à cette puissance garantie est constituée de deux éléments :

- un tarif de base modulé selon la disponibilité réelle de l'installation (49 €/MWhé pour une disponibilité de 85%) ;
- une prime variant linéairement de 0 pour une efficacité énergétique inférieure ou égale à 40% jusqu'à 12 €/MWhé lorsqu'elle est supérieure ou égale à 70% ; l'efficacité énergétique s'entend comme la somme des énergies thermique et électrique valorisées (vendues ou autoconsommées) rapportée à l'énergie en sortie chaudière.

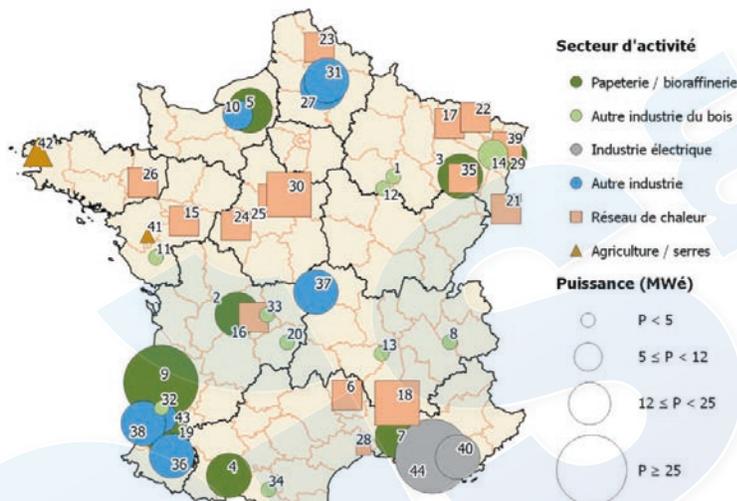
L'énergie livrée au-delà de la puissance garantie est rémunérée à 30% du tarif de référence.

**Ce premier tarif était notoirement trop bas pour permettre le développement de la filière.**

## Arrêté tarifaire de décembre 2009

En application de la loi n° 2005-781 du 13 juillet 2005 de programme fixant les orientations de la politique énergétique (dite loi "POPE"), les arrêtés tarifaires des différentes filières ont été révisés en 2006 et 2007. Pour la biomasse, il a fallu attendre fin 2009 pour disposer d'un nouvel arrêté.

Les notions de puissance garantie et de disponibilité ont disparu, la durée du contrat est portée à 20 ans et le tarif est composé d'une rémunération de base de 45 €/MWhé à laquelle s'ajoute une prime



| N° | MES  | Cadre | MWé  | N° | MES  | Cadre | MWé | N° | MES  | Cadre | MWé  | N° | MES  | Cadre  | MWé | N° | MES  | Cadre  | MWé  |
|----|------|-------|------|----|------|-------|-----|----|------|-------|------|----|------|--------|-----|----|------|--------|------|
| 1  | 2005 | Tarif | 1,35 | 10 | 2011 | CRE 2 | 9   | 19 | 2012 | CRE 2 | 14   | 28 | 2014 | Marché | 0,6 | 37 | 2015 | CRE 3  | 15   |
| 2  | 2007 | CRE 1 | 12   | 11 | 2012 | CRE 3 | 3   | 20 | 2013 | CRE 3 | 3,4  | 29 | 2014 | CRE 4  | 7   | 38 | 2015 | CRE 4  | 17   |
| 3  | 2007 | CRE 1 | 12,5 | 12 | 2012 | CRE 3 | 3,3 | 21 | 2013 | Tarif | 5,1  | 30 | 2014 | Tarif  | 12  | 39 | 2016 | CRE 3  | 10   |
| 4  | 2007 | CRE 1 | 20   | 13 | 2012 | CRE 3 | 3,4 | 22 | 2013 | CRE 3 | 6,4  | 31 | 2014 | CRE 3  | 13  | 40 | 2016 | CRE 4  | 21,5 |
| 5  | 2007 | CRE 1 | 21   | 14 | 2012 | CRE 3 | 5   | 23 | 2013 | CRE 3 | 6,7  | 32 | 2015 | CRE 3  | 3,4 | 41 | 2017 | Marché | 0,03 |
| 6  | 2009 | CRE 2 | 7,5  | 15 | 2012 | CRE 3 | 6,9 | 24 | 2013 | CRE 3 | 7,5  | 33 | 2015 | CRE 3  | 3,4 | 42 | 2017 | Tarif  | 5,2  |
| 7  | 2009 | CRE 1 | 12   | 16 | 2012 | CRE 3 | 7,5 | 25 | 2013 | CRE 3 | 7,5  | 34 | 2015 | CRE 3  | 4   | 43 | 2017 | Tarif  | 11   |
| 8  | 2010 | CRE 3 | 3,6  | 17 | 2012 | CRE 3 | 9,5 | 26 | 2013 | CRE 3 | 10,4 | 35 | 2015 | Tarif  | 6,2 | 44 | 2017 | CRE 4  | 150  |
| 9  | 2010 | CRE 2 | 69   | 18 | 2012 | Tarif | 12  | 27 | 2013 | CRE 2 | 16   | 36 | 2015 | CRE 4  | 12  |    |      |        |      |

MES : mise en service

## Installations de production d'électricité à partir de biomasse solide en fonctionnement au 31 décembre 2017

(hors autoconsommation).

(source Biomasse Normandie, d'après Bioénergie International, ministère de la Transition écologique et solidaire, Observ'ER, CRE...)

comportant une part fixe de 80 €/MWhé fonction de la nature de l'approvisionnement en biomasse et une part variable dépendant de l'efficacité énergétique de l'installation égale à 35 €/MWhé pour 85% mais nulle lorsque celle-ci descend à 50%. L'obtention de cette prime est toutefois soumise au respect de certaines exigences, notamment :

- puissance maximale de l'installation supérieure ou égale à 5 MWé ;
- efficacité énergétique supérieure à 50%, calculée sur l'hiver tarifaire pour les réseaux de chaleur, sur l'ensemble de l'année pour les autres cas ; il convient de noter que la définition de l'efficacité énergétique a changé par rapport à 2002, étant désormais la somme des énergies thermiques valorisées (autre-ment que par la production d'électricité,

l'autoconsommation et la transformation de la biomasse entrante) et électrique nette (c'est-à-dire déduction faite de la consommation des auxiliaires) rapportée à l'énergie primaire (contenue dans le combustible) consommée ;

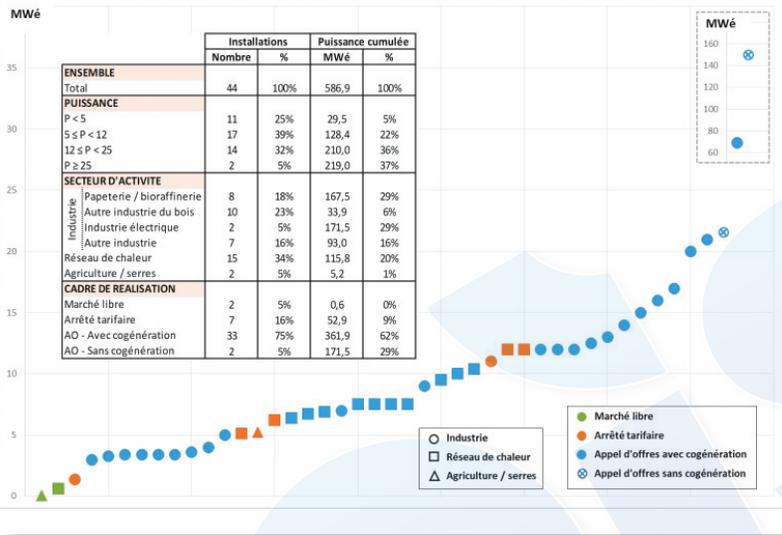
- plaquettes forestières représentant plus de 50% de la part de l'approvisionnement constituée de biomasse d'origine sylvicole.

Ainsi, ce tarif concerne en théorie les installations de puissance inférieure à 12 MWé mais ses conditions d'application le réservent en pratique à celles de plus de 5 MWé.

## Arrêté tarifaire de janvier 2011

Ce troisième arrêté reprend celui de 2009 en apportant principalement trois modifications :

- le niveau du tarif est diminué de 3,6% ;



- les scieries peuvent bénéficier de la prime lorsque leur installation dispose d'une puissance supérieure à 1 MWé et que la chaleur est exclusivement valorisée pour le séchage et autres traitements thermiques de leur propre production ;
- le taux de plaquettes forestières est abaissé à 25% de la part de l'approvisionnement constituée de biomasse d'origine sylvicole lorsque l'installation, relevant de l'incinération, consomme des déchets de bois non recyclables.

### Abandon de la procédure d'obligation d'achat

Le décret n° 2016-691 du 28 mai 2016 abroge l'arrêté tarifaire de janvier 2011. Toutefois, les installations pour lesquelles une demande complète de raccordement a été déposée avant le 30 mai 2016 peuvent conserver le bénéfice des conditions d'achat définies par cet arrêté sous réserve que l'installation soit achevée dans un délai de cinq ans à compter de la date de demande complète de raccordement par le producteur (cf. décret n° 2017-1650 du 30 novembre 2017).

**Installations de production d'électricité à partir de biomasse solide en fonctionnement au 31 décembre 2017 (hors autoconsommation) selon leur puissance (ordre croissant), le secteur d'activité et le cadre de leur réalisation.**

(source Biomasse Normandie, d'après Bioénergie International, ministère de la Transition écologique et solidaire, Observ'ER, CRE...)

### Installations de cogénération en fonctionnement relevant des arrêtés tarifaires

Les arrêtés tarifaires successifs ont permis la réalisation de sept installations à ce jour en fonctionnement, pour une puissance totale de 53 MWé :

- 2002 : une dans l'industrie du bois (1,4 MWé), l'unité du réseau de chaleur de Felletin (Creuse, 3 MWé), la première dans le secteur collectif / tertiaire, ayant été arrêtée en raison d'un manque de rentabilité ;
- 2009 : une sur réseau de chaleur (12 MWé) ;
- 2011 : trois sur réseau de chaleur (23,3 MWé en cumulé), une dans l'industrie du déchet (11 MWé) et une chez un serriste (5,2 MWé).

### Les appels d'offres

Lancés dès 2003, les appels d'offres biomasse (dits "CRE") se sont, pour les quatre premiers, succédés à un rythme d'un tous les deux à trois ans. Ils procédaient alors d'une logique d'électricien, c'est-à-dire qu'ils ne prenaient que peu en considéra-

tion le niveau de valorisation de l'énergie thermique produite par les installations. Cet état de fait a toutefois été modifié suite à l'émoi suscité par les résultats de CRE 4 : désormais, CRE 5, lancé en 2016 soit plus de cinq ans après le précédent, procède d'une logique de thermicien avec des exigences élevées quant à l'efficacité énergétique globale des installations.

### Appel d'offres CRE 1 (2003-2004)

Ce premier appel d'offres est ouvert aux projets de plus de 12 MWé et porte sur des puissances cumulées de 200 MWé à partir de biomasse et 50 MWé à partir de biogaz, la réalisation d'au moins une unité de production d'électricité à partir de biomasse gazéifiée devant être effective (ce qui ne sera toutefois pas le cas). La durée du contrat est de l'ordre de 15 ans (échéance : février 2022), la disponibilité de l'installation en équivalent pleine puissance devant être supérieure à 4.000 h/an. L'évaluation des offres porte sur quatre critères : prix pour 60%, impact environnemental et plan d'approvisionnement pour 20%, efficacité énergétique pour 15% et capacités techniques et financières du candidat pour 5%, l'efficacité énergétique étant définie comme le rapport de la somme des énergies électrique et thermique valorisées à l'énergie sortie chaudière.

Sur les 22 dossiers biomasse solide instruits, 14 ont été retenus pour une puissance totale de 216 MWé et un prix moyen de l'électricité de l'ordre de 86 €/MWhé.

### Appel d'offres CRE 2 (2006-2007)

Le deuxième appel d'offres porte sur un objectif de 300 MWé de nouvelles installations (y compris biogaz), réparti en deux tranches :

- 220 MWé pour les installations d'une puissance supérieure à 9 MWé ;
- 80 MWé pour celles dont la puissance est comprise entre 5 et 9 MWé.

La durée du contrat est de l'ordre de 20 ans



| Appel d'offres  | Date de cloture | Tranche de puissance  | Puissance appelée      | Dossiers instruits |                          |            | Projets lauréats |                   |            | Installations en fonctionnement |      |                   |     |
|-----------------|-----------------|-----------------------|------------------------|--------------------|--------------------------|------------|------------------|-------------------|------------|---------------------------------|------|-------------------|-----|
|                 |                 |                       |                        | Nombre             | Puissance cumulée        | Prix moyen | Nombre           | Puissance cumulée | Prix moyen | Nombre                          |      | Puissance cumulée |     |
|                 |                 |                       |                        |                    |                          |            |                  |                   |            | -                               | MWé  | €/MWhé            | -   |
| CRE 1           | Avril 2004      | Ensemble (12 MWé < P) | 250 (dont 50 biogaz)   | 22                 |                          |            | 14               | 216,2             | 85,8       | 5                               | 36%  | 77,5              | 36% |
| CRE 2           | Août 2007       | Ensemble              | 300 (y compris biogaz) | 56                 | 692,0                    |            | 22               | 314,4             | 128,1      | 5                               | 23%  | 115,5             | 37% |
|                 |                 | 3 MWé < P < 9 MWé     | 80                     | 34                 | 245,0                    | 12         | 84,6             |                   | 2          | 17%                             | 16,5 | 20%               |     |
|                 |                 | 9 MWé < P             | 220                    | 22                 | 447,0                    | 10         | 229,8            |                   | 3          | 30%                             | 99,0 | 43%               |     |
| CRE 3           | Juillet 2009    | Ensemble (3 MWé < P)  | 250 (y compris biogaz) | 97 (dont 6 biogaz) | 862,0 (y compris biogaz) |            | 31               | 261,2             | 145,0      | 20                              | 65%  | 132,0             | 51% |
| CRE 4           | Février 2011    | Ensemble (12 MWé < P) | 200 (y compris biogaz) | 16                 | 440,0                    |            | 15               | 420,0             | 137,0      | 5                               | 33%  | 207,5             | 49% |
| CRE 5 Période 1 | Août 2016       | Ensemble              | 50                     | 38                 | 151,1                    | 152,3      | 12               | 64,5              | 122,0      | -                               | -    | -                 | -   |
|                 |                 | 300 kWé < P < 3 MWé   | 10                     | 26                 |                          |            | 9                | 11,8              | 149,0      | -                               | -    | -                 | -   |
|                 |                 | 3 MWé < P < 25 MWé    | 40                     | 12                 |                          |            | 3                | 52,7              | 116,0      | -                               | -    | -                 | -   |
| CRE 5 Période 2 | Septembre 2017  | Ensemble              | 50                     | 43                 | 175,5                    | 143,3      | 9                | 50,4              | 120,9      | -                               | -    | -                 | -   |
|                 |                 | 300 kWé < P < 3 MWé   | 10                     | 32                 | 55,0                     |            | 7                | 9,4               | 137,0      | -                               | -    | -                 | -   |
|                 |                 | 3 MWé < P < 25 MWé    | 40                     | 11                 | 120,5                    |            | 2                | 41,0              | 117,0      | -                               | -    | -                 | -   |

(échance : juin 2030) et les conditions de disponibilité sont identiques à celles du précédent appel d'offres. Une incitation à la cogénération est introduite avec une efficacité énergétique d'au moins 50%, la définition de cette dernière ayant évolué : somme des énergies thermique valorisée et électrique nette rapportée à l'énergie primaire consommée. En outre, les plaquettes forestières doivent représenter plus de 50% de la part de l'approvisionnement constituée de biomasse d'origine sylvicole.

L'évaluation des offres porte sur le plan d'approvisionnement pour 40%, le prix pour 33,3%, l'efficacité énergétique pour 23,3% et les capacités techniques et financières du candidat pour 3,3%.

Sur les 56 dossiers biomasse solide instruits, **22 ont été retenus pour une puissance cumulée de l'ordre de 314 MWé et un prix moyen de 128 €/MWhé.**

### Appel d'offres CRE 3 (2009)

Le troisième appel d'offres est ouvert aux projets de plus de 3 MWé et porte sur un objectif de 250 MWé (y compris biogaz), différencié selon les régions afin de prendre en compte les conflits d'usage :

- 150 MWé pour les zones de massifs au sens du décret n° 2004-69, les régions Alsace, Lorraine, Champagne-Ardenne, Nord-Pas-de-Calais, Picardie, Bretagne

ainsi que le département de Seine-et-Marne ;

- 100 MWé pour les territoires non inclus dans la tranche précédente.

Le contrat d'achat de l'électricité produite est conclu pour une durée de 20 ans avec une disponibilité de l'installation supérieure à 3.000 h/an à équivalent pleine puissance. L'efficacité énergétique (définition identique à celle de l'appel d'offres précédent, l'énergie thermique valorisée ne comprenant toutefois pas la part utilisée pour transformer la biomasse entrante), qui doit être d'au moins 50%, est calculée sur l'hiver tarifaire lorsque l'installation a comme seul débouché thermique un réseau de chaleur urbain et sur l'ensemble de l'année dans les autres cas. Le taux de plaquettes forestières exigé est abaissé à 25% de la part de l'approvisionnement constituée de biomasse d'origine sylvicole lorsque l'installation, relevant de l'incinération, consomme des déchets de bois non recyclables.

L'évaluation des offres porte sur le prix pour 42,5%, le plan d'approvisionnement pour 30%, l'efficacité énergétique pour 22,5% et la localisation pour 5%.

Sur les 91 dossiers biomasse solide instruits, **31 ont été retenus pour une puissance cumulée de l'ordre de 261 MWé et un prix moyen de 145 €/MWhé.**

### Bilan des appels d'offres CRE pour la biomasse solide. (Le biogaz est exclu sauf mention contraire).

(source Biomasse Normande, d'après CRE et ministère de la Transition écologique et solidaire)

### Appel d'offres CRE 4 (2010-2011)

Le quatrième appel d'offres, à nouveau réservé aux projets de plus de 12 MWé, porte sur une puissance cumulée de 200 MWé (y compris biogaz).

La durée du contrat est de 20 ans, les conditions de disponibilité et les exigences relatives aux plaquettes forestières sont identiques à celles de l'appel d'offres précédent.

Seules sont éligibles les installations dont l'efficacité énergétique (calculée sur une base annuelle) est supérieure à 60%, la définition de celle-ci ayant été à nouveau modifiée : elle correspond désormais à la somme des énergies thermique valorisée (autrement que par la production d'électricité, l'autoconsommation ou la transformation de la biomasse entrante) et électrique nette rapportée à l'énergie primaire consommée. Toutefois, à titre expérimental, pour les seuls projets se situant dans les régions Provence-Alpes-Côte-d'Azur et Bretagne, s'il est prouvé qu'ils contribuent à améliorer la sécurité d'alimentation en électricité de la région, l'efficacité énergétique peut être inférieure à 60% (mais dans ce cas, la disponibilité doit être supérieure à 7.500 h/an à équivalent pleine puissance).

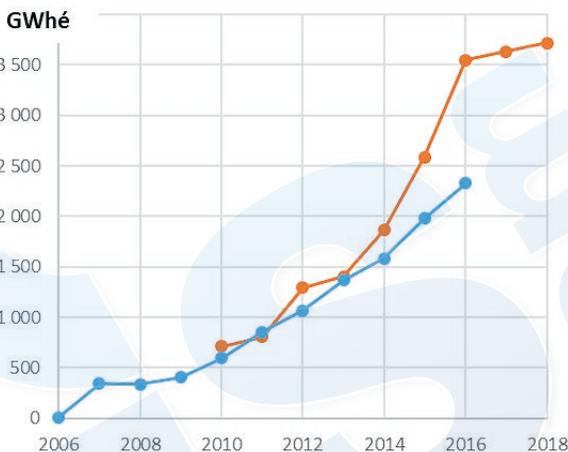
Le prix d'achat de l'électricité correspond au prix de base proposé par le candidat

(qui ne peut être supérieur à 115 €/MWhé sous peine d'inéligibilité à l'appel d'offres) auquel s'ajoute une prime fixe de 20 €/MWhé et une prime variable proportionnelle à l'écart entre l'efficacité énergétique de l'installation et le plancher de 60% (soit, par exemple, 15 €/MWhé pour une efficacité de 75%). Le prix d'achat pour les installations concernées par la dérogation propre aux régions PACA et Bretagne est égal au seul prix de base.

L'évaluation des offres porte sur le prix pour 50%, le plan d'approvisionnement

**Quantité et prix d'achat de l'électricité produite à partir de biomasse solide.**

(source CRE)



## ✓ ZOOM

### Fonds Chaleur et production d'électricité à partir de biomasse

#### Projets lauréats des appels d'offres CRE

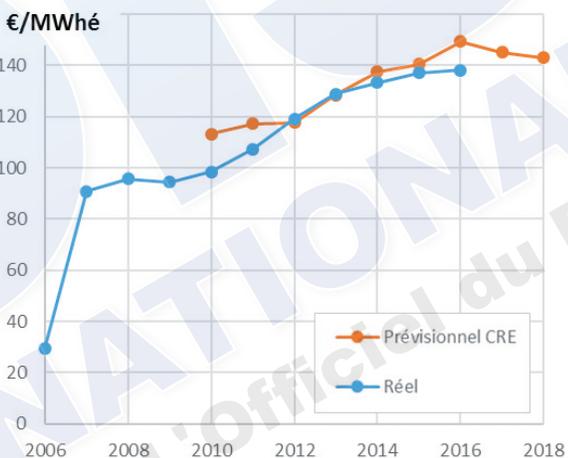
Les projets lauréats des appels d'offres de la CRE ne sont pas éligibles au Fonds Chaleur, tant pour la production de chaleur que pour les réseaux liés. Toutefois, pour une installation lauréate et en service depuis :

- moins de 3 années : une aide peut être apportée à l'extension de réseau uniquement dans le cas où les besoins de cette extension sont assurés pour au moins 50% par une autre (nouvelle) production ENR&R ;
- plus de 3 années : une aide à la création ou à l'extension de réseau peut être examinée si l'installation a atteint ses engagements de valorisation énergétique initiaux et si le nouveau réseau permet d'améliorer cette valorisation ou de compenser la perte d'un débouché de chaleur survenue postérieurement à la mise en service de l'installation.

#### Autres installations de cogénération

Les aides du Fonds Chaleur apportées sont limitées aux installations en autoconsommation d'électricité ou vente d'électricité sur le marché libre, pour ce qui concerne la partie production de chaleur (les investissements liés aux équipements de production d'électricité ne sont pas éligibles).

Les réseaux de chaleur éventuellement associés à des projets de cogénération peuvent être accompagnés sous réserve que ces projets relèvent de la cogénération à haut rendement au sens de la directive européenne relative à l'efficacité énergétique (2012/27/UE). Le dossier est alors soumis à la Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC, en charge des tarifs d'achats d'électricité / complément de rémunération) avant instruction par l'Ademe.



pour 35% et la localisation pour 15%. Sur les 16 dossiers biomasse solide instruits, **15 ont été retenus pour une puissance cumulée de 420 MWé et un prix moyen de 137 €/MWhé.**

#### Appel d'offres CRE 5 (2016-2018)

Il semble que CRE 4 ait initialement été considéré par l'Administration comme le premier volet d'un appel d'offres pluriannuel qui devait en comprendre quatre, chacun portant sur 200 MWé. Les trois volets envisagés pour 2011, 2012 et 2013 n'ont toutefois pas vu le jour. Il est vrai

cependant que CRE 4, avec une puissance cumulée des projets lauréats supérieure à 400 MWé, répondait aux objectifs de deux des volets envisagés. En outre, le ministère a décidé de temporiser lorsque de nombreuses voix de professionnels de la filière forêt / bois, d'élus et d'associations de défense de l'environnement se sont élevées pour protester contre la sélection du projet quasi électrogène pur de Gardanne dans les Bouches-du-Rhône (150 MWé avec une efficacité énergétique de l'ordre de 40%), sa consommation de bois devant s'élever à



850.000 t/an avec une forte part importée de l'étranger.

Il a donc fallu attendre 2016 pour que CRE 5 soit lancé. **Le principe de l'appel d'offres pluriannuel a été maintenu avec trois volets (2016, 2017 et 2018) mais l'envergure a été considérablement réduite, chaque volet portant sur 50 MWé à partir de bois-énergie (ainsi que 10 MWé de biogaz), répartis en 10 MWé pour les projets de puissance comprise entre 0,3 et 3 MWé (rappels qu'il n'existe plus de tarif d'achat fixé par arrêté et que l'appel d'offres est désormais la seule procédure de soutien) et 40 MWé pour ceux de taille comprise entre 3 et 25 MWé (c'est la première fois qu'une puissance maximale par projet est définie). L'installation doit être une cogénération à haut rendement selon les critères de la directive 2012/27/UE relative à l'efficacité énergétique, c'est-à-dire engendrer des économies d'énergie primaire d'au moins 10% par rapport aux données de référence de la production séparée de chaleur et d'électricité. En outre, elle doit également satisfaire l'exigence d'une efficacité énergétique minimale de 75%.**

Concernant l'approvisionnement, il n'y a plus de taux minimum de plaquettes forestières mais, au contraire, une consommation maximale de ce combustible de 400 GWhPCI/an (soit de l'ordre de 150.000 t/an) afin de ne pas déstabiliser les filières bois par la mise en service d'unités de combustion de grande taille. Les offres sont notées sur le tarif de référence proposé, un bonus de notation étant apporté si le candidat s'engage à utiliser la chaleur fatale issue des fumées ou à respecter des seuils plus restrictifs que la réglementation en vigueur s'agissant de la qualité de l'air.

Le contrat d'achat d'électricité est conclu pour une durée de 20 ans et porte sur le complément de rémunération, à savoir la différence entre le prix mentionné dans

## ✓ ZOOM

### Nouveau cadre pour le soutien aux énergies renouvelables

La Commission européenne a adopté, pour la période 2014-2020, de nouvelles lignes directrices sur les aides d'État dans les domaines de l'énergie et de la protection de l'environnement. Elles visent notamment à préparer l'intégration dans le marché de l'électricité produite à partir de sources renouvelables et précisent qu'il importe que les bénéficiaires des aides vendent leur électricité directement sur le marché et qu'ils soient soumis aux obligations de ce dernier.

En conséquence, le Gouvernement français a adapté les dispositifs de soutien, d'une part en instaurant le complément de rémunération, d'autre part en élargissant le périmètre des appels d'offres (en matière de bois-énergie, il a été au-delà des exigences européennes en abaissant le seuil des appels d'offres à 300 kWé et en supprimant le dispositif d'achat via l'arrêté tarifaire).

Les producteurs d'électricité à partir d'énergie renouvelable doivent désormais commercialiser leur énergie directement sur le marché, le complément de rémunération venant compenser l'écart entre le prix moyen du marché (calculé ex post) et le niveau de rémunération de référence fixé, selon le type d'installations, dans le cadre d'un arrêté tarifaire ou résultant d'une procédure de mise en concurrence par appel d'offres. Cette prime garantit ainsi aux producteurs un niveau de rémunération sur le long terme proche du tarif de référence tout en les exposant aux signaux des prix de marché de court terme, conformément aux lignes directrices européennes.

l'offre et le prix moyen du marché (cf. encart sur le nouveau cadre de soutien), charge au candidat de vendre son électricité directement à un consommateur ou sur le marché. Lorsqu'il est fait appel à de l'investissement participatif, une majoration du complément de rémunération de 5 €/MWhé est accordée.

Sur les 81 dossiers bois-énergie instruits pour les deux premières périodes, ont été retenus :

- 16 projets de moins de 3 MWé pour une puissance cumulée de 21,3 MWé et un prix moyen de 144 €/MWhé ;
- 5 projets de taille supérieure pour une puissance cumulée de près de 94 MWé et un prix moyen de 116 €/MWhé.

**Un bilan mitigé des appels d'offres au regard des installations effectivement en fonctionnement**

En octobre 2014, dans son rapport "La contribution au service public de l'électricité (CSPE) : mécanisme, historique et prospective", la CRE mentionnait que "la filière biomasse s'est presque entièrement développée sous le régime des

appels d'offres, les conditions d'achat des arrêtés tarifaires n'apportant pas une rémunération suffisante aux producteurs. Toutefois, les contraintes réglementaires, les incertitudes sur le débouché chaleur qui accompagne généralement ces installations pour améliorer l'efficacité énergétique, la forte concurrence sur les usages du bois et les éventuels conflits qui peuvent en résulter, ont significativement ralenti, voire conduit à annuler, la réalisation des projets désignés lauréats des quatre appels d'offres organisés depuis 2003."

En effet, 35 installations relevant de cette procédure sont aujourd'hui en fonctionnement pour une puissance cumulée de 533 MWé, soit 43% des projets lauréats de CRE 1 à CRE 4 et 44% de leur puissance. Le plus fort taux de réalisation est observé pour CRE 3 (65% des projets lauréats, 51% de leur puissance), seul des quatre appels d'offres à rendre éligibles des installations de 3 à 5 MWé d'une part et à permettre le calcul de l'efficacité énergétique sur l'hiver tarifaire pour les réseaux de chaleur d'autre part. ●

# La cogénération bois, un axe de développement pour Dalkia

Dalkia, société de services énergétiques employant près de 13.000 collaborateurs, apporte à ses clients des solutions en vue de maîtriser les consommations, garantir la performance énergétique, valoriser les ressources locales et renouvelables. Parmi les 82.000 installations gérées par la société figurent 353 réseaux de chaleur et de froid (2.000 km) et 539 chaufferies biomasse dont huit unités de cogénération bois réalisées dans le cadre des appels d'offres lancés par la CRE : une première de 69 MWé dans l'industrie du papier (Smurfit Kappa à Facture) et sept autres d'une puissance cumulée de l'ordre de 57 MWé sur des réseaux de chaleur (Limoges, Angers, Orléans sud, Lens, Rennes, Tours, Strasbourg).

## La valorisation de la chaleur, une nécessité pour la cogénération bois

Pour envisager la production d'électricité par cogénération, il est indispensable, à la fois pour Dalkia en tant qu'exploitant et pour les financeurs, d'avoir des garanties sur la pérennité du débouché pour la chaleur. Dans l'industrie, un engagement de 20 ans pour l'enlèvement de vapeur est difficile à obtenir et la matérialisation des garanties ne se fait pas de manière aisée ou avec des coûts importants. En outre, la position d'un industriel peut évoluer dans l'intervalle de temps séparant le dépôt de l'offre par Dalkia et sa sélection par les pouvoirs publics. Ainsi jusqu'à présent, dans le secteur industriel, seule l'installation de Smurfit Kappa (CRE 2) a pu être réalisée par Dalkia, les autres projets rem-



*credit: Dalkia - Rodolphe Eschier*  
 Vue intérieure de la centrale de cogénération bois (10,4 MWé) du réseau de chaleur de Rennes (Ille-et-Vilaine).

portés dans le cadre de l'appel d'offres CRE 4 n'ayant pu se concrétiser, faute de ces garanties.

Sur un réseau de chaleur, ce n'est en général pas la pérennité du puits de chaleur qui est le principal frein mais la variation saisonnière de son intensité, obligeant à moduler la production d'électricité pour obtenir une valorisation optimale de l'énergie. L'appel d'offres CRE 3 a été le seul à prendre en considération cette particularité des réseaux en imposant le respect d'une efficacité énergétique minimale sur l'hiver tarifaire uniquement : Dalkia a ainsi pu réaliser sept opérations dans ce cadre. En fonction des caractéristiques des nouveaux appels d'offres, Dalkia mobilisera ses ressources commerciales et techniques sur les projets ayant le plus de chances de succès, pour des clients industriels ou pour des usages de réseau urbain.

## Un bilan positif après plusieurs années de fonctionnement des installations

Les projets d'unités de cogénération sur réseaux de chaleur ont été accueillis favorablement par les collectivités car permettant tout à la fois de créer des emplois, structurer les filières locales d'approvisionnement en bois, verdifier le mix énergétique des réseaux et faire bénéficier les abonnés du taux réduit de TVA sur leur facture de chaleur. Leur mise en œuvre s'est effectuée dans certains cas par prolongation du contrat de délégation de service public, dans d'autres par la conclusion d'un contrat de fourniture de chaleur au réseau, l'autorité déléguée s'engageant à ce qu'elle soit achetée même en cas de changement de délégataire. Pour l'ensemble de ces installations, une



approche d'ingénierie mutualisée a été adoptée, tant pour les équipements de combustion, de manutention et de stockage que pour les turbines, étant toutefois entendu que chaque projet est un cas particulier et doit s'adapter au type de biomasse, à la configuration du site, au profil de la demande de chaleur du réseau ou de l'exutoire industriel et aux capacités de construction des fournisseurs. La concrétisation des centrales s'étalant sur plusieurs années, les équipes de conception et d'achat ont pu capitaliser sur les retours des premières à avoir été mises en œuvre pour optimiser les suivantes.

La montée en puissance des installations de cogénération a parfois été un peu compliquée en raison de leur nouveauté mais après quelques années de fonctionnement, Dalkia porte un regard très po-

sitif sur leur bilan, conforme aux attentes en matière de rendement, d'émissions atmosphériques ou d'approvisionnement en combustible. La maîtrise de ce dernier est assurée par Bois Energie France (filiale de Dalkia certifiée PEFC qui gère de l'ordre de 1,7 million de tonnes de bois par an) et une mutualisation de l'expérience des équipes d'exploitation est mise en place afin d'optimiser le fonctionnement des centrales.

### **Une place dans le mix ENR&R**

Dalkia s'est fixé des objectifs ambitieux de développement des énergies renouvelables et de récupération (ENR&R) dans le mix énergétique consommé par la société : de 29 % (dont 60 % de biomasse) en 2016, leur part devrait atteindre 50 % en 2022.

Chaque projet industriel, tertiaire ou de réseau de chaleur sera étudié en fonction de ses caractéristiques intrinsèques et des énergies utilisables, le choix se faisant ensuite en fonction de l'ordre de mérite (disponibilité, prix) : lorsque cela sera pertinent, le projet pourra être présenté dans le cadre des appels d'offres biomasse, qui exigent désormais un fort taux de valorisation de l'énergie, mesure intelligente sur le plan environnemental et importante pour l'acceptation des installations par les collectivités et les citoyens.

Dalkia explore ainsi toutes les possibilités de valorisation des ENR&R et la cogénération bois trouvera sa juste place dans l'ensemble. ●

*Article réalisé sur la base d'un entretien avec Pascal BONNE, directeur technique et opérations de Dalkia et président de Bois Energie France.*

# La production simultanée de chaleur et d'électricité à partir de bois, une complémentarité intéressante pour Engie Cofely

Engie Cofely est une société de services en efficacité énergétique et environnementale qui propose aux entreprises et aux collectivités des solutions pour mieux utiliser les énergies et réduire leur impact environnemental. La société exploite notamment 120 réseaux de chaleur et de froid et 310 chaufferies biomasse dont huit installations de cogénération bois : cinq dans l'industrie, réalisées dans le cadre des appels d'offres biomasse lancés par la CRE (Norske Skog à Golbey, International Paper à Saillat-sur-Vienne, Saipol à Grand-Couronne, DRT à Vielle-Saint-Girons, Sobegij à Lacq) et trois sur réseaux de chaleur

(Forbach, Orléans nord, Epinal), l'installation mosellane ayant été lauréate d'un appel d'offres CRE alors que les deux autres bénéficient d'une obligation d'achat à tarif garanti.

### **La compétitivité de la chaleur cogénérée : un élément-clé**

Dans l'industrie, la mise en place des installations de cogénération biomasse a souvent correspondu à l'échéance des contrats de cogénération gaz : le verdissement de la production d'énergie représentait alors une opportunité pour l'image

qui devait toutefois nécessairement se traduire par un gain économique (prix de la vapeur, quotas de CO<sub>2</sub>...). La possibilité de valoriser des sous-produits de fabrication chez certains clients a été aussi un autre élément déclencheur. Il convient de noter que l'énergie peut représenter une part importante du prix de revient de certaines industries (papier et chimie en particulier) et constitue ainsi un fort levier de compétitivité.

Sur les réseaux de chaleur, les centrales ont été dimensionnées en fonction des besoins thermiques. A l'analyse de l'historique des consommations de chaleur et

crédit : Engie Cofely



de leur évolution prévisionnelle ont été ajoutés les impératifs de rendement annuel minimum de cogénération fixés par les contrats d'achat d'électricité ou par la collectivité (par exemple, 10% d'économie d'énergie primaire sur le réseau d'Epinal) : sachant que la rigueur climatique ne permet pas d'y déroger, cela suppose de ne pas viser la puissance électrique la plus élevée possible en théorie. L'investissement des centrales est porté soit par la société qui détient les actifs gérés dans le cadre de la délégation de service public (DSP), soit par une société de projet filiale d'Engie Cofely qui vend la chaleur au réseau. Dans les deux cas, les conditions sont négociées avec la collectivité et font l'objet d'un avenant au contrat de DSP qui définit les différents engagements (tarif de vente, mixité, disponibilité...).

### Une optimisation de l'exploitation grâce à la mutualisation des retours d'expérience

Engie Cofely porte un regard positif sur le bilan des unités de cogénération biomasse dont l'approvisionnement est en grande

majorité réalisé par sa filiale Soven. L'opérateur reconnaît toutefois les difficultés rencontrées pour atteindre la disponibilité envisagée dans la phase de développement du projet : il est prudent d'anticiper une période de deux ans de performances moindres dues au classique déverminage de l'installation et à l'apprentissage des opérateurs.

L'essentiel des indisponibilités étant lié à la nature du combustible (variation de granulométrie ou de taux d'humidité, présence de corps étrangers), l'expérience conduit à recommander de construire des installations de dépotage, de stockage et de manutention de biomasse capables de traiter des livraisons de bois hors spécifications. Il est également nécessaire de travailler sur le suivi des performances techniques et énergétiques de la centrale et de mesurer correctement l'énergie contenue dans le combustible.

Rapidement, un partage des retours d'expérience des équipes a été réalisé : les responsables de sites se réunissent chaque mois avec les responsables et experts de la direction des opérations pour des "revues de performance" téléphoniques et les

**Centrale de cogénération biomasse (17 MWé) de Biomass Energy Solutions à Vielle-Saint-Girons (Landes).**

responsables d'exploitation se retrouvent ensemble une ou deux fois dans l'année sur une des centrales pour partager leur retour d'expérience.

### Une efficacité des fonds publics à mieux mettre en valeur

Engie Cofely compte bien poursuivre le développement de projets de cogénération biomasse, malgré une équation économique qui n'est pas toujours évidente à résoudre.

Pour les sites gros consommateurs de vapeur, l'utilisation de bois déchet est appropriée mais, pour des raisons techniques liées aux caractéristiques chimiques du combustible, entraîne des surcoûts importants à la construction et en exploitation. Par ailleurs, le potentiel de projets valorisant du bois forestier reste élevé dans l'industrie pour des projets de puissance moyenne, mais l'équilibre économique est souvent difficile à trouver tant que l'énergie de référence reste bon marché.

Dans ce contexte, le soutien des pouvoirs publics est essentiel pour que les projets puissent se concrétiser. A ce titre, puisque les appels d'offres lancés par la CRE comportent désormais une exigence de rendement de cogénération d'au moins 75% (ce qui implique que la valorisation électrique est en moyenne trois fois plus faible que la valorisation thermique sur site industriel), il serait justifié d'encourager le développement de la cogénération biomasse en évaluant sa pertinence vis-à-vis des autres moyens de production d'électricité au regard du coût du complément de rémunération rapporté à la somme des valorisations électrique et thermique (et non à la seule valorisation électrique comme actuellement).

Article réalisé sur la base d'un entretien avec Bernard SCHNEIDER, directeur industriel production et distribution d'énergies d'Engie Cofely.



# Cogénération biomasse sur l'usine de pâte à papier Fibre Excellence Saint-Gaudens (Haute-Garonne)

Installée au pied des Pyrénées depuis 1957 et totalement rénovée en 1992, l'usine Fibre Excellence Saint-Gaudens emploie 260 personnes et produit 300.000 t/an de pâte à papier à partir de 1,3 Mt/an de bois (50% feuillus, 50% résineux).

## Liqueurs noires et écorces valorisées en vapeur et électricité

La vapeur nécessaire au fonctionnement du site est produite par deux équipements biomasse :

- une chaudière à liqueur noire de 250 MW fournissant 220 t/h de vapeur haute pression (55 bars, 450 °C) ;
- une chaudière à écorces de 47 MW à lit fluidisé délivrant 52 t/h de cette même vapeur, mise en service en 2004.

La vapeur est ensuite dirigée vers un barillet haute pression puis vers deux turbines :

- la première, de 20 MWé à contrepression, a été installée en 2004 ; la vapeur est détendue de 55 à 3 bars sans soutirage intermédiaire ; une nouvelle turbine de 25 MWé la remplacera prochainement (projet lauréat de l'appel d'offres CRE 5) ;
  - la seconde, de 22 MWé à condensation, a été mise en œuvre en 2007 dans le cadre de CRE 1 ; deux soutirages de vapeur sont effectués, à moyenne pression (11 bars, 200 °C) et à basse pression (3 bars, 155 °C).
- De l'ordre de 250 GWh/an d'électricité sont produits sur le site, 150 GWh/an étant vendus sur le réseau et 100 GWh/an autoconsommés. La vapeur à moyenne et basse pressions alimente ensuite l'outil



de production de pâte à papier et l'unité de régénération des liqueurs de process. L'usine fonctionne en continu, 24h/24 et 7j/7, à l'exception de deux jours d'arrêt tous les six mois pour le lavage de la chaudière à liqueur noire et d'un arrêt de 10 à 12 jours tous les 18 à 24 mois pour la maintenance de l'ensemble des équipements.

## Une préparation nécessaire du combustible bois

Pour la valorisation matière, le site de Saint-Gaudens s'approvisionne quasi exclusivement en bois ronds, les plaquettes de scierie ne représentant qu'un faible pourcentage de la consommation. L'écorçage des rondins produit environ

**Acheminement des écorces vers la chaudière biomasse par tapis transporteur tubulaire.**

160.000 t/an d'écorces, brûlées dans la chaudière prévue à cet effet. L'approvisionnement est complété par :

- environ 20.000 t/an d'autres déchets du parc à bois (fines de criblage, bois non conformes pour le process, balayures) ;
  - 10.000 t/an d'anciennes écorces qui avaient été entassées à l'époque où l'usine n'avait pas sa actuelle chaudière biomasse (projet CRE 1 de 2004) et était en surproduction d'écorces avec peu de débouchés extérieurs ; elles sont criblées pour séparer les fractions valorisables par épandage en agriculture de celles pouvant servir de combustible ;
  - un appoint en écorces achetées aux scieries locales.
- Jusqu'en 2013, l'alimentation de la chaudière

bois était assurée par voie pneumatique mais des bourrages survenaient fréquemment. Depuis, l'installation amont a été entièrement repensée : l'intégralité du combustible passe dans un réducteur puis dans un broyeur avant d'être acheminée jusqu'à la chaudière par un tapis convoyeur tubulaire.

### **Pâte à papier et énergie : deux valorisations du bois complémentaires**

Fibre Excellence est un producteur de pâte à papier mais se considère également comme un producteur d'énergie verte grâce à la biomasse disponible sur le site (issue

dans sa grande majorité du procédé de fabrication de la pâte) et non valorisable en tant que matière, ce qui permet d'améliorer la compétitivité de l'entreprise.

Cette vision adoptée à Saint-Gaudens est également celle qui est appliquée sur le site de la société à Tarascon (Bouches-du-Rhône) : consommant de l'ordre de 1,2 Mt/an de bois uniquement résineux, aux trois quarts sous forme de rondins desquels sont issues des écorces en quantité similaire à celle du site pyrénéen, l'usine a été lauréate des appels d'offres CRE 1 (mise en place d'une turbine de 12 MW) et CRE 5 (25 MW).

D'une manière plus générale, Fibre

Excellence milite et met en pratique une approche visant à maximiser la complémentarité entre les différents produits bois (bois d'œuvre, bois d'industrie et bois-énergie) afin d'optimiser les chantiers d'exploitation forestière tout en limitant les concurrences au sein de la filière bois.

*Article réalisé sur la base d'un entretien avec François LEWIN, directeur général des approvisionnements bois du groupe Fibre Excellence et directeur général de Sebso (filiale d'exploitation forestière), et Erginos MICROMATIS, chef de service optimisation et laboratoire de Fibre Excellence Saint-Gaudens.*

# Cogénération bois avec fourniture de chaleur à deux industries agro-alimentaires par Akuo Energy (Somme)

Avec un ensemble d'installations de production d'électricité dépassant 1.000 MWé en cumulé, Akuo Energy est le premier producteur indépendant français d'énergie renouvelable. Fondé en 2007, le groupe est présent sur toute la chaîne de valeur de ses projets (développement, financement, construction et exploitation) et croît selon une stratégie de diversification à la fois géographique (filiales dans treize pays) et technologique (éolien, solaire, biomasse, hydraulique).

### **Kogeban : une centrale de trigénération**

Lauréate de l'appel d'offres CRE 2, la centrale Kogeban (Cogénération biomasse

Ajinomoto de Nesle) a été mise en service en 2013. Fonctionnant 8.000 h/an grâce à une équipe d'exploitation de 13 personnes, elle produit, avec une efficacité énergétique de 74%, 130 GWh/an d'électricité injectée sur le réseau à un prix de 125 €/MWhé (valeur 2007) et plus de 300 GWh/an de chaleur vendue sous forme de vapeur et de froid à Ajinomoto Foods Europe. Kogeban assure également la fourniture en eau déminéralisée du complexe industriel.

L'installation est composée d'une chaudière CNIM de 82 MW fournissant 100 t/h de vapeur à 92 bars et 520 °C et d'une turbine à condensation Siemens de 16,2 MWé sur laquelle sont effectués trois sou-

tirages vers des réseaux de vapeur à haute (19 bars), moyenne (8 bars) et basse (3,5 bars) pressions, le dernier réseau permettant, d'une part, la production de froid par absorption (3,3 MW) et, d'autre part, l'alimentation de l'usine de traitement de l'eau.

Kogeban consomme de l'ordre de 220 à 240 kt/an de combustible, composé à 95% de plaquettes forestières et 5% de plaquettes de scierie et de broyats d'emballages en bois sortis du statut de déchets. Les rondins, provenant principalement des forêts de Picardie et Champagne-Ardenne (minoritairement de Normandie et de l'Avesnois), sont réduits en plaquettes par le broyeur (100 t/h de débit)



crédit: Michel Montereux / Akuo Energy

de la plateforme de la centrale, laquelle permet également le stockage et le mélange du combustible en vue de garantir un taux d'humidité (contenu énergétique) constant et ainsi un fonctionnement optimisé de la chaudière.

### **CBEM : valorisation saisonnière de la chaleur**

Mise en service en 2014 à la suite de sa sélection lors de l'appel d'offres CRE 3, CBEM (Cogénération biomasse d'Estrées-Mons) est la "petite sœur" de Kogeban : chaudière CNIM de 62 MW (72 t/h de vapeur à 92 bars et 520 °C) et turbine à soutirage et condensation Siemens de 13,1 MWé. Mobilisant 13 salariés pour son exploitation, elle fonctionne 8.000 h/an avec deux périodes bien distinctes : de mai à décembre en cogénération avec fourniture de vapeur à 14 bars à Bonduelle Europe Long Life et de décembre à avril en électrogénération par condensation de la totalité de la vapeur, à l'exception d'une consommation

résiduelle de l'industriel (la chaudière est alors utilisée à hauteur de 44 MW). Annuellement, 105 GWh d'électricité sont injectés sur le réseau à un prix de 140 €/MWhé (valeur 2009) et 100 à 130 GWh de chaleur sont vendus à Bonduelle.

La centrale consomme 150 kt/an de bois, essentiellement des plaquettes forestières produites par des fournisseurs externes. Initialement, Akuo Energy avait prévu d'approvisionner CBEM à partir de la plateforme de Kogeban mais les ruptures de charge se sont révélées coûteuses et les plaquettes livrées par les partenaires de très bonne qualité.

### **Des centrales de forte puissance à la micro-cogénération**

Akuo Energy pense que la biomasse est promise à un bel avenir par sa capacité à être une forme de stockage d'énergie (plaquettes de bois) et à être mise en œuvre dans un foncier très serré (contrairement

au solaire ou à l'éolien).

Les deux installations précédentes et la centrale de cogénération de Novillars dans le Doubs (20 MWé, lauréate de CRE 4, dont la mise en service est prévue en octobre 2018) ont constitué une opportunité mais ne sont pas représentatives de la stratégie à long terme d'Akuo Energy. Le producteur d'énergie vise en effet des tailles plus modestes : au maximum 5 MWé (à l'image de la centrale Energostatik en construction en Croatie), voire de la micro-cogénération par gazéification qui présente un fort potentiel de projets modulaires (de l'ordre de 50 kWé) et qu'Akuo Energy compte développer en France avec une offre de fourniture globale de chaleur et d'électricité (solution qu'elle développe aujourd'hui dans la ceinture intertropicale – Afrique, Indonésie...).

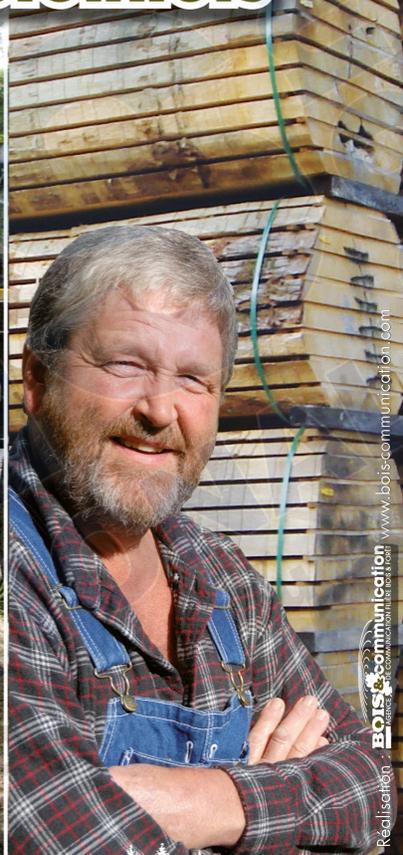
**Vue d'ensemble de la centrale de cogénération biomasse Kogeban (16,2 MWé) à Nesle (Somme) et de sa plateforme de conditionnement du combustible bois.**

Article réalisé sur la base d'un entretien avec Pierre-Adrien BAUDELET, responsable de l'asset management (gestion d'actifs) biomasse de Akuo Energy et directeur général de Kogeban et CBEM.

# L'AVENIR DE LA FORÊT est entre les mains de tous les professionnels



49€  
par an



BOIS communication www.boiscommunication.com Réalisation :

La revue forestière indépendante depuis 1958

**COURS DES BOIS SUR PIED**  
DROIT ET FISCALITÉ DE LA FORÊT  
FILIÈRE BOIS ET UTILISATIONS DU BOIS  
MATÉRIEL ET MACHINES FORESTIÈRES  
**SYLVICULTURE ET GESTION FORESTIÈRE**  
POLITIQUE FORESTIÈRE ET RÉGLEMENTATIONS

La  
**FORÊT PRIVÉE**  
REVUE FORESTIÈRE EUROPÉENNE

La Forêt Privée est une revue forestière européenne  
éditée par Le Bois International

Le **BOIS**  
INTERNATIONAL  
L'Officiel du Bois

# MON MÉTIER, C'EST AUSSI AIDER LA FORÊT À RESPIRER.

BERTRAND DUGARD  
FORESTIER ATTENTIF



Lorsqu'il a fini de pousser, un arbre cesse d'absorber du CO<sub>2</sub>. Ainsi, contrairement à l'idée reçue, la gestion durable de nos forêts et l'utilisation du bois permettent de les préserver et qu'elles se développent dans les meilleures conditions possibles.

Découvrez tout le potentiel du bois sur [franceboisforet.fr](http://franceboisforet.fr)



POUR MOI, C'EST  
LE BOIS