



Matériels et techniques

Réduction
des émissions polluantes

p.6

Législation

Réglementation applicable
aux chaufferies

p.12

Synthèse

Évaluation
des performances

p.17



Combustion du bois, réduction des émissions polluantes et réglementation des chaufferies collectives et industrielles

LA NOUVELLE GENERATION DE CHAUDIÈRES FROLING.

- Chaudières à bois déchiqueté copeaux et granulés (7 à 2000 kW)
- Chaudières conformes aux normes en vigueur sans filtration supplémentaire



pour:
S4 Turbo (F)
SP Dual
P4 Pellet
T4

BEST PRODUCT
OF THE YEAR
2013

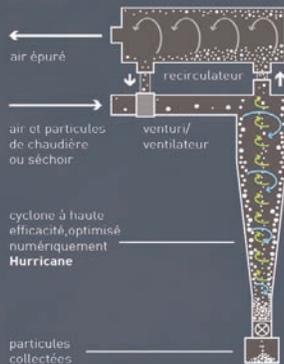


Advanced
Cyclone
Systems

ReCyclone[®]
Systems

Powered by Hurricanes

CYCLONES AVEC RECIRCULATION POUR SÉPARATION DES PARTICULES



RECIRCULATION MECHANIQUE

Les Cyclones Hurricane et les systèmes ReCyclone sont la solution la plus économique et avec les plus bas coûts d'exploitation pour limiter les émissions de particules en dessous de $30\text{mg}/\text{Nm}^3$.

La solution pour:
Chaudières et séchoirs à Biomasse!

Pour tout renseignement veuillez consulter notre site www.acsystems.pt

Étude de cas Poitiers - France



Système ReCyclone pour limiter les émissions de particules.
Chaudière à biomasse à copeaux de bois (1.2 MWth | 3900 m³/h | 180°C)

Émissions $30\text{ mg}/\text{Nm}^3$

CONTACTER NOTRE AGENT EN FRANCE À
acs.france@acsystems.pt

Combustion du bois, réduction des émissions polluantes et réglementation des chaufferies collectives et industrielles

Sommaire

- Édito, par Serge DEFAYE p. 3
- Conditions d'une combustion optimale du bois p. 4
- Réduction des émissions particulières des chaufferies collectives et industrielles au bois p. 6
- Réduction des émissions d'oxydes d'azote issues de la combustion du bois en chaudière p. 9
- Réglementation applicable aux chaufferies collectives et industrielles au bois p. 12
- Évaluation des performances énergétiques et environnementales de chaufferies biomasse p. 17

Performances énergétiques et environnementales

La perfection n'est pas de ce monde. Le bois-énergie n'échappe pas à la règle. Pour autant, les professionnels doivent mettre en œuvre des installations performantes au plan énergétique et vertueuses au plan environnemental, la seconde condition étant d'ailleurs soumise à la première.

Pour cela et au risque de préférer une lapalissade, il faut satisfaire quatre conditions :

- **un combustible bois répondant à de stricts critères de granulométrie, d'humidité, de taux d'indésirables** (notamment de fines) et de surcroît demeurant homogène dans la durée, afin que l'exploitant n'ait pas à modifier ses réglages en permanence ;
- **des technologies haut de gamme**, avec en particulier une géométrie de foyer garantissant une combustion complète et donc un minimum d'imbrûlés solides dans les cendres sous foyer et dans les fumées ;
- **une exploitation rigoureuse avec des réglages optimisés**, notamment des apports d'oxygène sous la grille et dans la flamme pour éviter les formations de monoxyde de carbone, d'oxyde d'azote et autres polluants gazeux ;

- **des traitements de fumées, mécaniques et par filtration**, éliminant la quasi-totalité des poussières résiduelles et accessoirement des éléments traces métalliques associés aux fines volantes.

Rien ne doit être laissé au hasard : de la conception de l'installation à son suivi en temps réel, en passant par des évaluations périodiques (contrôles réglementaires pour vérifier la conformité aux normes en vigueur), lesquelles doivent le cas échéant susciter des mesures correctives nécessaires. Ces dernières peuvent concerner des améliorations techniques (filtration par exemple), le suivi d'exploitation, voire un changement de combustible si celui-ci apparaît inapproprié.

Ces exigences ont un coût en termes d'investissement, de fonctionnement et de prix d'achat du combustible bois. C'est le prix à consentir pour que la biomasse ligneuse, renouvelable et neutre vis-à-vis de l'effet de serre, soit définitivement reconnue par les décideurs, les usagers et les riverains des chaufferies comme une filière d'excellence, s'inscrivant sans contestation possible dans une démarche de développement durable.

Ce qui est parfois ignoré en l'absence d'une communication suffisante autour d'opérations exemplaires pourtant nombreuses aujourd'hui !

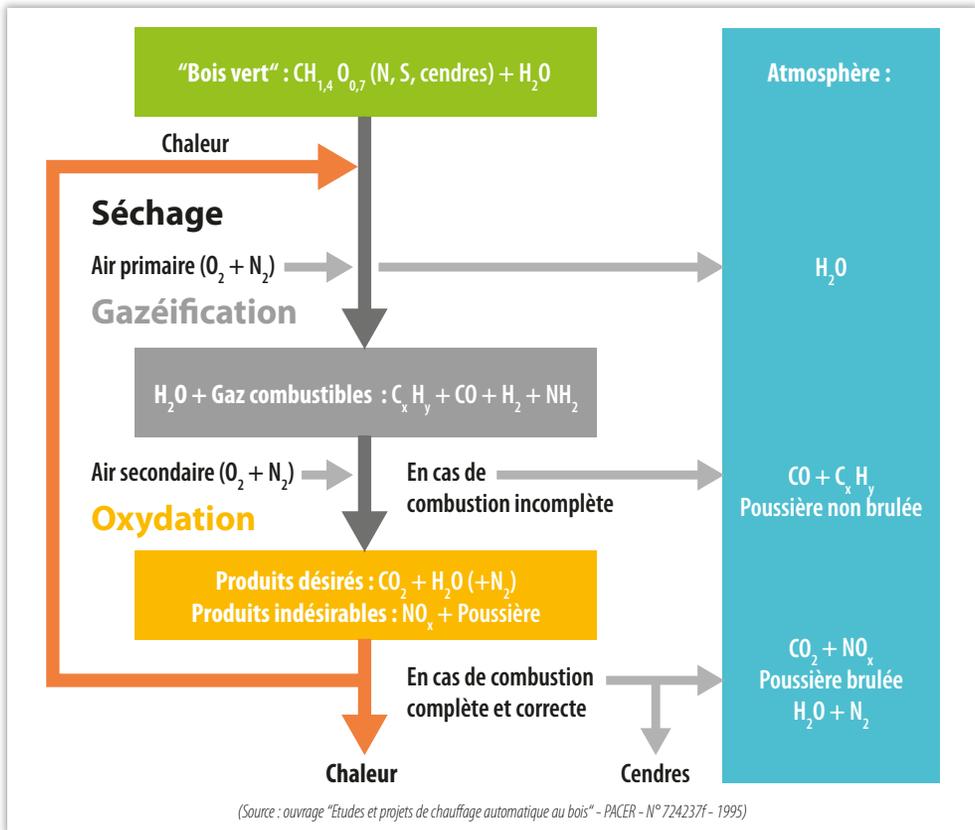
Serge DEFAYE,
DEBAT, Vice-président du CIBE

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 pour leur contribution Christophe HUON (Energico), les membres de la commission "Retour d'expériences de conception, construction et exploitation" du CIBE et Jean-Pierre TACHET (CIBE, secrétaire / animateur de cette commission). Mise en page par la rédaction du Bois International.



Conditions d'une combustion optimale du bois



La combustion est un phénomène complexe qui implique la transformation des différents composants en éléments simples. C'est une réaction chimique à température élevée entre un combustible qui contient essentiellement du carbone et de l'hydrogène et

l'oxygène apporté par un comburant (air atmosphérique). En première approche, nous pouvons affirmer que la dégradation du bois par combustion est le phénomène inverse de la constitution de ce matériau par photosynthèse. En effet, via la photosynthèse,

Schéma de principe de la combustion du bois.

l'arbre pompe l'eau et les matières minérales du sol, capte le dioxyde de carbone ambiant et l'énergie lumineuse afin de former de la biomasse et de libérer de l'oxygène dans l'atmosphère. A l'inverse, via le chauffage du matériau bois (combustible) en présence d'oxygène ambiant

(comburant), la combustion libère du dioxyde de carbone et de la vapeur d'eau dans l'atmosphère (effluents gazeux), ainsi que des matières minérales (cendres et poussières), tout en produisant de l'énergie calorifique.

Étapes de la combustion du bois

La combustion du bois se divise en plusieurs étapes relevant de divers processus chimiques et physiques.

La haute température régnant dans le foyer provoque le chauffage du combustible. Celui-ci sèche vers 100 °C et l'eau contenue dans le bois s'évapore sous l'effet du rayonnement des parois chaudes du foyer et de la convection due à l'air primaire.

La matière organique se décompose vers 200 °C ; c'est la pyrolyse qui se poursuit jusqu'à 600 °C environ. La pyrolyse est, par définition, le résultat du chauffage du bois en l'absence d'air. Celui-ci donne naissance à un résidu charbonneux (10 à 30% de la masse de matière sèche du départ) et des produits volatils (la partie libérée sous forme de gaz, lors de l'échauffement, se monte, selon l'essence de bois, à environ 80 à 90% du poids du bois). Le bois est donc décomposé en charbon de bois et en gaz. Ces derniers sont soit des gaz permanents (principalement du CO₂ et de la vapeur d'eau et, en moindre proportion, des gaz combustibles tels que le CO, du H₂ et des hydrocarbures), soit des produits condensables appelés jus pyroligneux.

La gazéification est une transformation chimique cassant en gaz et carbone les molécules plus simples des nouveaux constituants résultant de la pyrolyse. Sont également produits par la réaction des hydrocarbures sous forme liquide et des goudrons.

A partir d'une certaine température (entre 300 et 350 °C), les gaz de pyrolyse dégagés par la décomposition du bois s'enflam-

ment en présence d'oxygène. Ces gaz brûlent en de longues flammes jaunes de diffusion. Les gaz les plus difficilement combustibles brûlent à partir de 550 °C.

La combustion finale touche principalement deux domaines : les gaz (CO, CO₂, H₂, CH₄, H₂O...) et le carbone. Lorsque le processus de pyrolyse est terminé et qu'il n'y a plus de flammes faite de matières volatiles à brûler, il ne reste plus qu'un résidu charbonneux rougeoyant qui rayonne encore fortement car sa surface extérieure peut atteindre une température de 800 °C. A la fin de la combustion, il ne reste théoriquement que des cendres (environ 1% de la masse introduite).

Conditions d'une combustion optimale

La maîtrise des différentes phases précédentes conditionne le bon déroulement de la combustion et le rendement de la chaufferie.

La condition principale à toute bonne combustion consiste à brûler complètement les gaz à haute température. Pour ce faire, la longue flamme engendrée par la combustion du bois exige une enceinte de combustion de grande taille. Une température de 800 °C au moins est indispensable pour assurer la combustion complète, ainsi qu'une durée de séjour suffisante des gaz dans les zones à haute température. Ceci signifie que la flamme ne doit pas être refroidie, par exemple sur des parois froides.

Pour obtenir une température de combustion élevée, il faut que l'humidité du bois soit adaptée à la technologie de combustion, mais également que le rapport combustible / air soit optimal. En effet, la combustion du bois étant un processus fluctuant (caractéristiques du combustible jamais totalement identiques, conditions d'introduction automatique du bois dans le foyer légèrement variables...), on ne peut apporter seulement l'oxygène

suffisant à une combustion neutre. Un excès d'air, dépendant du type de combustible et de système, est alors toujours apporté au foyer, rendant la combustion oxydante. Cependant, cet excès ne doit pas être trop important afin de ne pas refroidir le foyer, ce qui entrainerait une combustion incomplète. Pour que les gaz combustibles brûlent dans l'enceinte de combustion, il faut qu'ils entrent en contact avec l'air comburant. L'air doit donc être bien mélangé avec ces gaz, par l'amenée d'un flux suffisamment rapide ou à l'aide de dispositifs mélangeurs.

Pour réunir les conditions nécessaires à une combustion complète, la gazéification des éléments solides et la combustion des gaz dans l'installation de chauffage doivent intervenir en des endroits séparés. L'air de combustion est alors réparti en air primaire et en air secondaire, devant être chauds lors de leur entrée dans le foyer : l'air primaire (traversant le lit de braises) est nécessaire au séchage, à la gazéification et à la combustion du charbon de bois ; l'air secondaire sert à la combustion des gaz.

Enfin, pour garantir un rendement élevé, les fumées doivent avoir cédé la majorité de leur énergie avant d'être évacuées par la cheminée : leur température doit donc être la plus basse possible, sans pour autant risquer leur condensation dans le conduit (corrosion). Pour les chaufferies collectives et industrielles, la température des fumées est de l'ordre de 150 à 180 °C. En conclusion, il ne peut y avoir de combustion optimale sans choix de technologie, dimensionnement, installation et exploitation irréprochables !

Christophe HUON (Energico)

En complément de cet article, on pourra utilement se référer à des Cahiers du bois-énergie (CBE) parus précédemment :
- CBE n° 59 "Optimisation de l'efficacité énergétique des installations collectives et industrielles";
- article "Adequation entre combustible et équipement de combustion" du CBE n° 62 "Bois-énergie collectif et industriel : meilleures techniques et bonnes pratiques"



Réduction des émissions particulaires des chaufferies collectives et industrielles au bois

Les particules contenues dans les gaz de combustion ont pour origine :

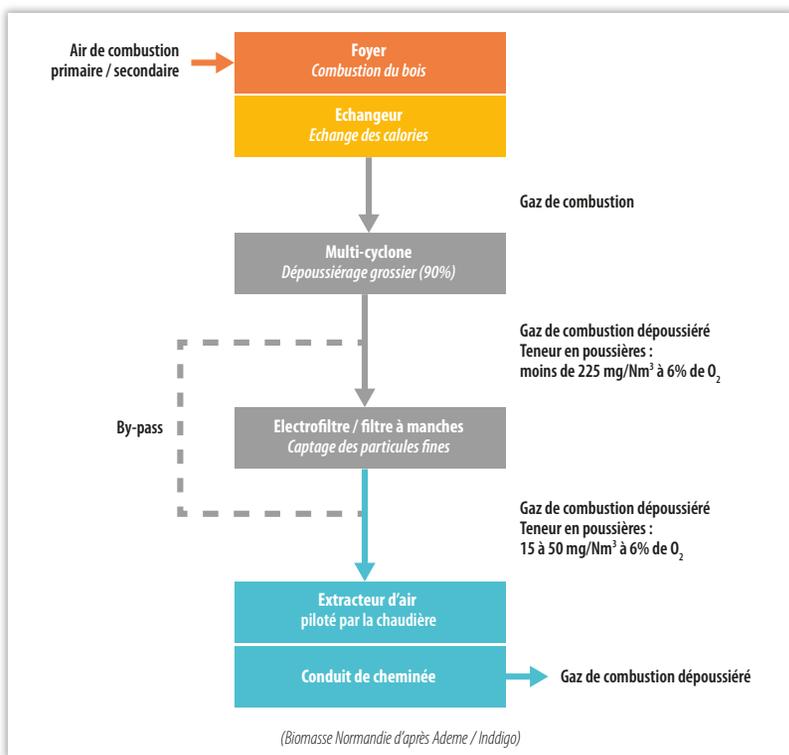
- des fractions fines du combustible et des cendres produites lors de la combustion et entraînées dans le courant gazeux ; un combustible peu poussiéreux et un bon réglage des débits d'air limitant les vitesses et les turbulences dans le foyer permettront de maîtriser leur quantité ;
- des composés volatils passés en phase gazeuse du fait de la température élevée du foyer, qui vont, au niveau de l'échangeur, soit se condenser sur les particules issues du combustible ou des cendres, soit donner naissance à des particules plus fines par phénomène de nucléation / agglomération.

La filtration des fumées issues des chaufferies collectives et industrielles au bois consiste à séparer les particules solides (poussières et fines) des gaz de combustion avant rejet de ces derniers dans l'atmosphère. Ce processus s'effectue en deux étapes :

- un dépeussierage grossier à l'aide d'un multi-cyclone ;
- le captage des particules fines avec un électrofiltre (EF) ou un filtre à manches (FAM) (1).

L'efficacité globale de ces organes de filtration peut être supérieure à 99% s'ils sont adaptés et correctement exploités.

Pour respecter les valeurs limites d'émission (VLE) définies par la réglementation (rubrique 2910 des installations classées



pour la protection de l'environnement), un EF ou FAM est incontournable (2), quelle que soit la puissance de l'installation. Il est à noter que les chaufferies d'une puissance inférieure à 4 MW déclarées avant le 1^{er} janvier 2014, pour lesquelles le multi-cyclone suffisait pour respecter les VLE avant leur révision en 2013, devront s'équiper de tels systèmes avant le 31 décembre 2017.

Cheminement des gaz de combustion dans une installation collective ou industrielle au bois.

Systèmes de dépeussierage et filtration

Multi-cyclone

Un cyclone est un dépeussier méca- nique qui utilise la différence de gravité entre les éléments solides et gazeux. L'extraction des poussières est obtenue par voie gravitaire en deux phases successives : la centrifugation puis la sédimentation.

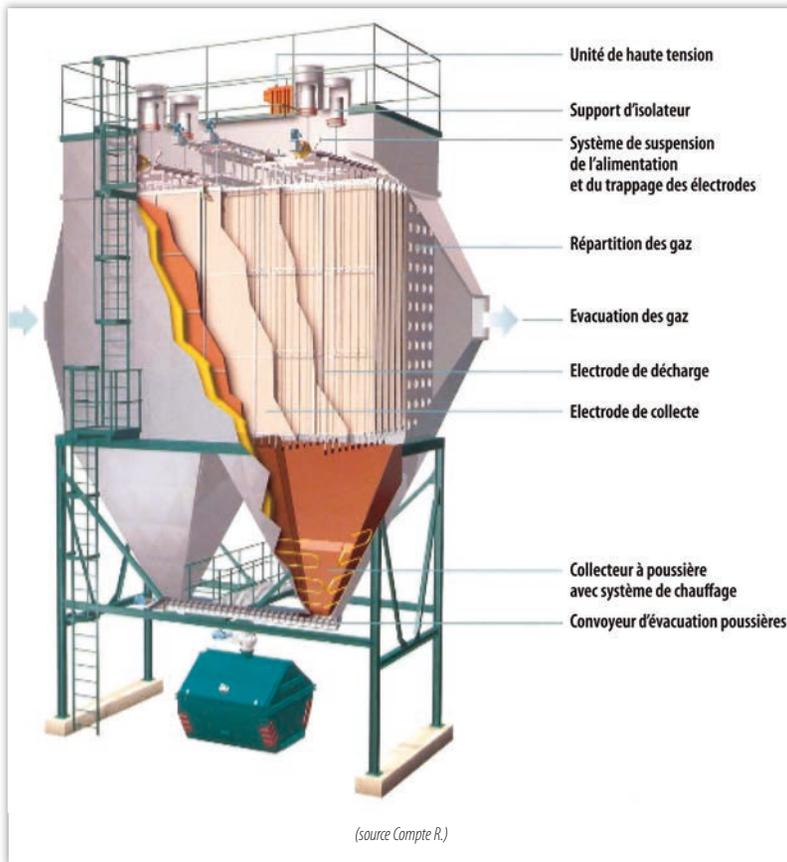


Schéma de principe d'un électrofiltre.

Un multi-cyclone est une caisse étanche dans laquelle sont disposés plusieurs cyclones de faible diamètre (150 à 250 mm). Plus le diamètre est faible, plus l'accélération des particules est importante et meilleure est l'efficacité du système de dépolluissage.

Les gaz de combustion sont orientés dans les cyclones au travers d'aubages directionnels fixes qui assurent la phase de centrifugation. Les particules les plus grosses sont freinées sur les parois. Les gaz ainsi épurés remontent dans un tube central ; ce changement de direction provoque une décantation de particules plus fines. Les poussières sont collectées dans une trémie située en partie basse du multi-cyclone.

Électrofiltre

Le principe de fonctionnement d'un électrofiltre repose sur l'utilisation d'un champ électrique pour extraire les particules d'un flux gazeux.

L'électrofiltre se présente sous la forme d'une ou plusieurs chambres en tôles d'acier (qui abritent autant de champs électriques, l'efficacité augmentant avec leur nombre), compartimentées par des plaques (mises à la terre) entre lesquelles s'écoulent, à faible vitesse, les fumées. Entre chaque plaque, des électrodes ionisantes (tiges ou cadres rigides) sont portées à haute tension (généralement négative) ; les ions créés (effet couronne) chargent les éléments solides qui migrent

vers les plaques sous l'effet du champ électrostatique.

Ainsi, lorsque les gaz de combustion traversent l'électrofiltre en direction de la cheminée, les particules adhèrent aux plaques situées sur leur passage. Elles sont régulièrement décollées par percussion / vibration, puis collectées dans une trémie en partie basse du filtre et évacuées par vis sans fin.

Filtre à manches

Un filtre à manches est composé d'un caisson métallique dans lequel sont disposées des manches. Ces dernières sont constituées d'un média filtrant (dont la nature dépend de la température des fumées et de leur composition chimique) monté sur une armature métallique plate ou cylindrique. Lorsque les fumées traversent une manche (de l'extérieur vers l'intérieur), les particules sont retenues par le média et s'accumulent. Il se forme alors un gâteau de poussières qui peut contribuer significativement à accroître la capacité de filtration du système (il est difficile pour les particules de traverser le gâteau) mais qui, lorsqu'il est trop épais, ne permet plus l'écoulement des fumées à un débit suffisant. Une injection régulière d'air comprimé dans les manches permet alors de décoller ce gâteau qui est récupéré dans une trémie située en partie inférieure du filtre puis évacué par vis sans fin.

Aspects technico-économiques des électrofiltres et filtres à manches

Les éléments de ce paragraphe sont issus de l'étude d'évaluation technico-économique des systèmes de réduction des émissions de particules des chaudières biomasse réalisée par Inddigo pour le compte de l'Ademe.

Conception et maintenance

Les principes de fonctionnement des deux systèmes sont différents :



- la performance d'un EF est en grande partie liée à la quantité de particules entrantes, qui est le critère déterminant pour le dimensionnement du filtre (intensité du champ électrique et surface de filtration) ;

- l'efficacité du FAM dépend de la taille des mailles des manches et pas (ou peu) de la concentration de poussières à l'entrée. Ces filtres ont toutefois pour points communs :

- la nécessité d'utiliser un multi-cyclone en amont, pour des raisons de performance pour l'EF et de sécurité pour le FAM (élimination des escarbilles) ;

- la présence d'éléments similaires, tant du point de vue de la fonction que de l'encombrement : by-pass, caisson de filtration, étanchéité de l'évacuation des fines, systèmes de transport et de stockage de ces dernières.

A l'exploitation, l'avis des techniciens en chaufferie est unanime : l'EF requiert moins de temps que le FAM (le renouvellement des manches est chronophage). Le premier nécessite toutefois une habilitation du personnel pour intervenir sur les équipements sous haute tension.

Contrairement aux idées reçues, les consommations électriques sont plus importantes sur les FAM que sur les EF, avec une surconsommation considérable sur le ventilateur d'extraction due aux

pertes de charge et à des fuites fréquentes sur le réseau d'air comprimé. Néanmoins, si le FAM est bien dimensionné et l'installation correctement exploitée (qualité du combustible, taux de charge de la chaudière), les consommations électriques entre les deux technologies de filtration doivent théoriquement rester proches.

Les fréquences de by-pass des fumées sont plus élevées sur les FAM que sur les EF compte tenu de la sensibilité aux risques de condensation et d'incendie. Cependant, les incendies qu'ont pu connaître les FAM il y a quelques années ne doivent pas influencer le choix entre EF et FAM : des enseignements en ont été tirés pour la conception des installations et des constructeurs n'ont jamais connu ce problème.

Les performances constatées sont différentes des caractéristiques intrinsèques des filtres : l'étude ne met pas en exergue un avantage en faveur de l'un ou l'autre des systèmes en termes d'émissions de poussières, contrairement à ce que laisseraient supposer les valeurs théoriques annoncées. Toutefois, les résultats d'analyses étudiés sont ponctuels et un suivi régulier amplifierait sans doute le constat de l'influence de la qualité d'exploitation. Simples en apparence, les EF et FAM nécessitent un entretien rigoureux et des compétences techniques pour assurer des

émissions réelles de poussières en concordance avec le dimensionnement. En général, le système de filtration est intégré au lot de la chaudière bois : les constructeurs de filtres sont peu présents sur les installations et le suivi est réalisé principalement par le fournisseur de la chaudière. Il ressort des visites de sites que les techniciens d'exploitation sont insuffisamment sensibilisés aux spécificités des systèmes de filtration et devraient être davantage formés pour optimiser leur fonctionnement et garantir leur pérennité.

Coûts d'investissement et d'exploitation

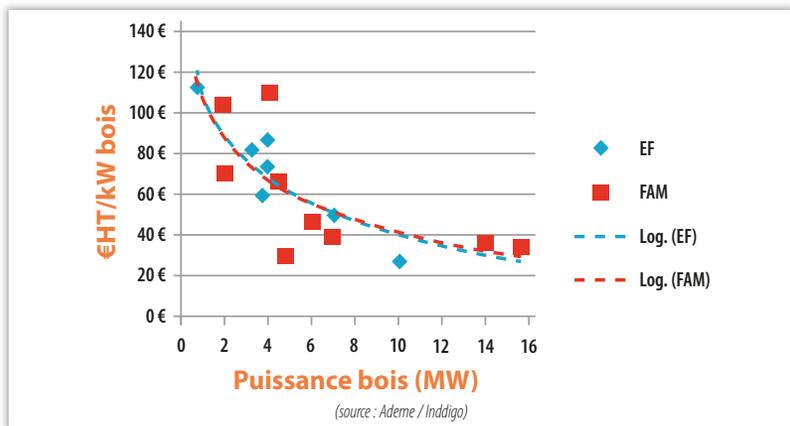
Sur l'ensemble des sites visités, les deux technologies présentent des montants d'investissement de 80 k€ (500 kW) à 500 k€ (15 MW), correspondant en moyenne à 26% de celui du process bois (30 à 40% pour les installations de puissance inférieure à 4 MW, moins de 20% pour les installations de plus forte puissance).

Les coûts de fonctionnement des filtres représentent en moyenne 6,5% des charges globales (hors achat de combustible). Il existe une différence marquée selon la puissance des chaudières avec une valeur entre 7 et 10% pour des chaufferies de moins de 2 MW et seulement 5% pour des chaufferies de plus de 5 MW.

Les charges d'investissement et d'exploitation des filtres s'élevaient de 2 à 7 €/MWh livré, soit de 2,5 à 7% du prix de vente de la chaleur pour les sites objets de l'étude.

Coûts d'investissement* des systèmes de dépolluissage : électrofiltre (EF) et filtre à manches (FAM).

* Les coûts d'investissement intègrent le filtre et ses auxiliaires, le surdimensionnement du ventilateur d'extraction des fumées et le surcoût de génie civil (coûts actualisés au 1^{er} janvier 2012).



(1) Dans la suite de l'article, le terme "électrofiltre" (EF) est synonyme de "filtre électrostatique" ou, plus rigoureusement puisque ce n'est pas à proprement parler un filtre, de "dépoussiéreur électrostatique" ("electrostatic precipitator" ou ESP en anglais). D'autre part, le terme "filtre à manches" (FAM) désigne de façon générique toute la famille des filtres à manches ou à poches ("baghouse filter", "bag filter" ou "fabric filter" en anglais).

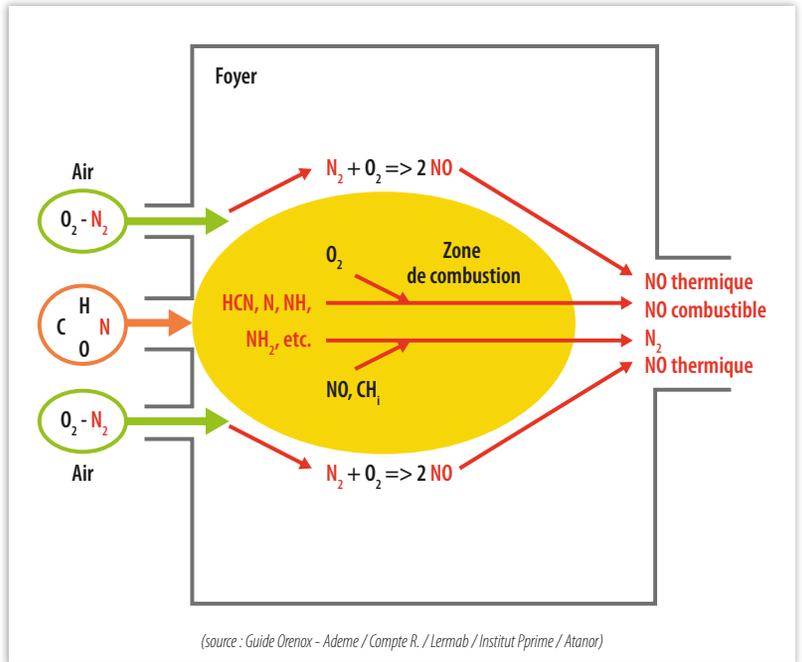
(2) Les solutions dites "émergentes" sont des dérivés de ces systèmes : EF cylindriques, EF associés à des systèmes de préfiltration (cyclones performants, condenseurs), nouveaux matériaux pour les manches des FAM.

Réduction des émissions d'oxydes d'azote issues de la combustion du bois en chaudière

L'azote est présent naturellement dans l'air (78%) et dans le bois (0,2 à 0,5% de la masse anhydre, selon les essences). Dès lors, la combustion du bois produit des quantités plus ou moins importantes d'oxydes d'azote (NO très majoritairement à hauteur de 90-95% et NO₂, regroupés sous l'abréviation NO_x). Ces produits diffusés dans l'air en plus ou moins forte concentration ont des effets sur la santé humaine et sur l'environnement : ils sont donc considérés comme polluants et à ce titre objets de réglementations visant à en réduire les quantités émises.

Production des NO_x

Dans la combustion du bois, les NO_x sont issus majoritairement de l'oxydation de l'azote contenu dans le combustible. En effet, les NO_x obtenus par combinaison de l'oxygène et de l'azote de l'air ne le sont en quantité significative qu'à des températures élevées, à partir de 1.300-1.400 °C. Les températures du processus de combustion de biomasse sous chaudière étant notablement plus basses (800-900 °C), les NO_x proviennent donc essentiellement de la combinaison de l'azote du combustible avec l'oxygène de l'air de combustion. Les quantités de NO_x émises varient selon le type de combustible utilisé : les résineux comportent moins d'azote que les feuillus, les écorces (de même que les bois jeunes en général) présentent des taux plus élevés, et les bois de récupération, du fait des



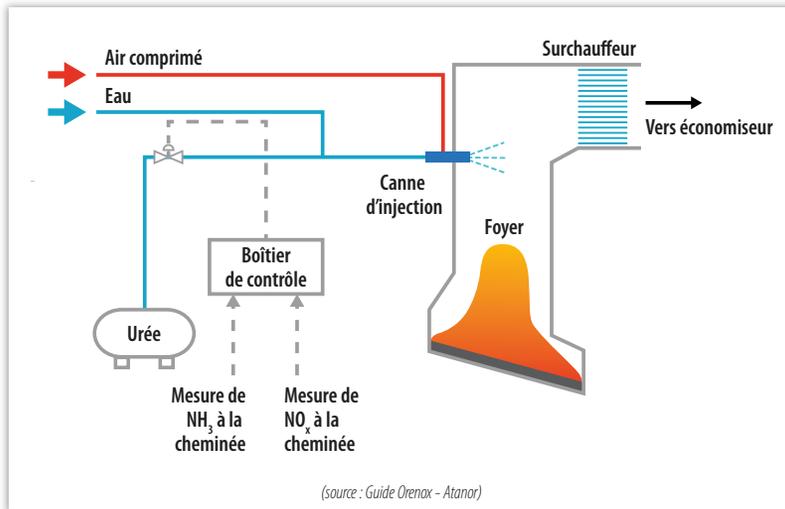
Représentation schématique de la formation des NO_x dans un foyer à biomasse.

additifs, peuvent, comme les panneaux, avoir une forte proportion d'azote (jusqu'à plusieurs %). Elles dépendent également de la qualité de la combustion : un fort excès d'air, par exemple, aura tendance, du fait d'un apport massif d'oxygène, à favoriser la formation de NO_x, ceci pouvant être atténué par le fait que cet excès d'air abaisse parallèlement la température de combustion et contribue par conséquent à l'effet inverse.

On remarquera que l'évolution de certains facteurs favorisant une limitation d'émis-

sion des NO_x peut avoir à contrario des effets négatifs sur d'autres éléments importants, notamment le rendement, les émissions de CO et la production d'imbrûlés. La maîtrise du processus consiste donc en un dosage (subtil) et une régulation optimale des processus pour ne pas avoir d'effet indésirable associé à la réduction d'émission des NO_x.

Pour résumer, trois catégories d'acteurs sont concernées par la problématique à des titres différents mais à des degrés également importants :



- le fournisseur de combustible, au moins pour la connaissance et la caractérisation des produits et leur bonne homogénéité dans le cas des mélanges, puisque la présence d'azote a un caractère "fatal";
- le fournisseur de la chaudière et des équipements additifs spécifiques associés, pour la prise en compte de la problématique "dé NO_x " dans la conception et la fabrication ;
- l'exploitant, dans la maîtrise du processus de combustion, le suivi, les contrôles et actions correctives à engager.

Techniques de dénitration

La limitation des émissions de NO_x dans l'atmosphère consiste à transformer l'azote du combustible en azote moléculaire (N_2) en réduisant, au sens chimique du terme, les produits qui se forment au long du processus de combustion. Deux modes opératoires sont habituellement distingués :

- les techniques primaires qui s'appuient sur la maîtrise des réactions chimiques du processus de combustion, à travers la conception constructive de la chaudière ;
- les techniques secondaires qui consistent à insérer dans l'installation un équipe-

Chaudière à grille équipée d'un traitement de NO_x par SNCR.

ment spécifique destiné à assurer la réduction des NO_x formés.

Techniques primaires

Elles sont au nombre de trois :

- la recirculation des fumées : la réinjection de fumées diminue, dans la zone de flamme où se forment les NO_x , la température et le taux d'oxygène et limite la formation des NO_x ; cette solution a toutefois un effet limité dans la combustion du bois (contrairement à celle du fioul ou du gaz) puisque peu de NO_x produits sont d'origine "thermique" ;
- l'étagement de l'air de combustion : la technique est classique et largement pratiquée sur une chaudière au bois, mais doit être parfaitement contrôlée par le respect des valeurs prévues, aux différents étages, des températures, excès ou défaut d'air (par rapport aux conditions stoechiométriques) et, bien sûr, par l'homogénéisation du mélange des gaz ; l'efficacité en termes de réduction des NO_x est importante, de 50 à 70% voire plus selon le taux d'azote initial du combustible ; une régulation adaptée doit permettre d'éviter une formation "parasite" de CO ;
- l'étagement de l'apport en combustible :

cette technique s'appuie, comme précédemment, sur le principe d'une combustion étagée, mais cette fois en jouant sur l'apport de combustible à deux niveaux ; la complexité de l'installation, induite par deux chaînes d'alimentation distinctes, un combustible secondaire adapté (faible granulométrie ou poussières brûlant dans les fumées de la combustion primaire) réservent cette solution à des installations spécifiques ou de forte puissance.

Il est à noter que ces techniques ne dispensent pas d'exigences assez strictes sur les combustibles (qui doivent être restreints à ceux présentant de faibles teneurs en azote) et qu'elles nécessitent toutes un temps de séjour suffisant du combustible dans le foyer, donc un volume important de ce dernier.

Techniques secondaires

Ces techniques utilisent un "agent" réducteur, composé azoté comportant des radicaux NH (généralement ammoniac – NH_3 – ou urée), réagissant avec les NO_x pour recomposer de l'azote moléculaire. Cette réaction peut se faire soit directement à température élevée, soit en présence d'un catalyseur, d'où les deux technologies

SNCR (réduction sélective non catalytique) et SCR (réduction sélective catalytique).

La SNCR est la solution la plus communément mise en œuvre actuellement. Le procédé requiert un excès d'agent réducteur (par rapport aux conditions stœchiométriques) et un strict respect de la plage optimale de température de réaction, pour avoir l'efficacité recherchée (de l'ordre de 80% de dénitrification), ce qui n'est pas forcément très aisé en régime d'exploitation opérationnelle (lors des changements de régime en particulier). On a de ce fait une fuite "fatale" d'agent réducteur, d'où l'existence de valeurs limites d'émission de NH_3 pour les installations soumises à autorisation sous la rubrique 2910 des installations classées pour la protection de l'environnement. Mais l'installation est d'une complexité moindre que dans le procédé catalytique, donc d'un coût moins élevé.

Comme le procédé précédent, la technique SCR requiert l'injection d'un agent réducteur. Le produit traverse ensuite un catalyseur à base d'oxydes métalliques sur lequel les réactions s'effectuent. Plus complexe que le SNCR, le procédé est moins utilisé, même s'il semble s'avérer un peu plus performant. Un point essentiel à respecter pour assurer les réactions souhaitées est la durée de temps de contact avec le catalyseur, ce qui nécessite une maîtrise

de la vitesse de traversée des gaz. Contrairement au système SNCR, l'agent réducteur est utilisé dans des conditions quasi-stœchiométriques, ce qui limite les rejets de réactif. Cette technologie présente toutefois des inconvénients pour la combustion bois : les poussières contenues dans les fumées colmatent rapidement le catalyseur. Ce dernier doit donc être placé après les systèmes de filtration, dans une zone où les températures de fumées sont plus faibles, donc avec une efficacité moindre du catalyseur.

Il convient de noter que ces techniques ont généralement un effet inverse sur les émissions de CO qui ont tendance à augmenter, affectant par conséquent la qualité de la combustion. Un compromis est donc à trouver entre réduction des NO_x et production de CO, afin de ne pas trop dégrader le rendement.

Une application à la combustion de la biomasse sous certaines conditions

La limitation des oxydes d'azote dans un processus de combustion sous chaudière requiert qu'il s'agisse de "simple" recirculation de gaz de combustion ou des procédés de dénitrification plus élaborés) une condition de base incontournable : le volume dans lequel les réactions s'effectuent doit être suffisamment grand pour

garantir l'efficacité du dispositif (ceci, bien entendu, en fonction de la puissance foyer considérée), cette condition étant toujours associée à celle de l'homogénéité du combustible quant à son humidité et sa composition en azote.

Les technologies généralement utilisées pour de basses puissances sont celles de foyers associés à des chaudières à tubes de fumées. Ce n'est qu'à partir de puissances utiles de l'ordre de 6 MW que les chaudières sont mixtes, avec une technologie pour partie à tubes d'eau et pour partie à tubes de fumées. Dès lors et pour des raisons constructives liées à cette technologie, on dispose de volumes compatibles avec les exigences des processus de limitation des NO_x .

La combustion "bas NO_x " pour le bois n'apparaît donc pas envisageable sur les chaudières en dessous de quelques MW, pour lesquelles on n'a actuellement aucune solution de réduction. Elle devient ensuite théoriquement envisageable sur les puissances plus importantes, y compris dans certains cas par modification de l'existant (à condition que le volume de la chaufferie accepte une augmentation de la hauteur de la chaudière et permette la mise en place des équipements complémentaires nécessaires).

En ce qui concerne le système de dénitrification SNCR, on considère que cette solution est envisageable seulement sur des installations de plus de 6 MW qui fonctionnent à pleine charge avec un combustible homogène en humidité et en composition. Le système apparaît ainsi de conditions d'utilisation très restrictives et assez mal adaptées aux chaudières biomasse.

✓ ZOOM

Orenox : un guide pour la réduction des émissions de NO_x des installations biomasse

Un document sur les stratégies "bas NO_x " appliquées aux chaudières à biomasse a été rédigé par les acteurs du projet Orenox (projet de développement de nouvelles chaudières "bas NO_x " et "ultra bas NO_x ", initié et conduit par la société Compte R. avec le concours technique de la société Atanor et le soutien financier de l'Ademe). Destiné aux acteurs de la filière, en premier lieu les fabricants et les exploitants de chaudières, il contient :

- une information simple et claire sur l'origine des oxydes d'azote et sur les liens existant entre leurs émissions et celles d'imbrûlés ;
- une présentation des différentes stratégies pouvant être envisagées pour réduire les émissions de NO_x ;
- un comparatif technico-économique de ces différentes stratégies ;
- un support pour la formation des nouveaux opérateurs.

Le guide Orenox est disponible en téléchargement sur le site de l'Ademe (www.ademe.fr).

Cet article s'appuie sur la synthèse des travaux menés par la commission "Retour d'expériences de conception, construction et exploitation" du CIBE sur le sujet des NO_x issus de la combustion du bois ainsi que sur le guide "Orenox - Bonnes pratiques bas NO_x pour chaudières à biomasse".



Réglementation applicable aux chaufferies collectives et industrielles au bois

En matière de réglementation, les chaufferies collectives et industrielles au bois peuvent être scindées en deux catégories :

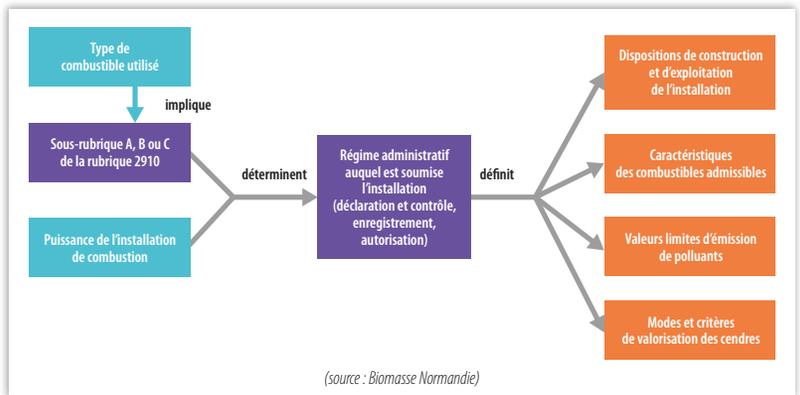
- celles qui entrent dans le champ d'application de la rubrique 2910 des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) ;
- les autres, encadrées par le règlement sanitaire départemental (RSD) et les décrets et arrêté de 2009 relatifs au contrôle des chaudières (leurs obligations sont relativement limitées, il n'existe notamment pas de contraintes sur les émissions).

La suite de l'article concerne les installations de la première catégorie.

Champ d'application de la rubrique 2910 des ICPE

La rubrique 2910 des ICPE concerne les installations de combustion, à l'exclusion des installations visées par les rubriques 2770 (traitement thermique de déchets dangereux) et 2771 (traitement thermique de déchets non dangereux). Elle est divisée en sous-rubriques A, B et C en fonction du combustible utilisé ; la sous-rubrique 2910-A exclut de son champ d'application les installations visées par d'autres rubriques de la nomenclature pour lesquelles la combustion participe à la fusion, la cuisson, ou au traitement, en mélange avec les gaz de combustion, des matières entrantes.

Dans le cadre de la transposition en droit français de la directive européenne 2010/



(source : Biomasse Normandie)

Descriptif générique de la rubrique 2910 des installations classées pour la protection de l'environnement.

75/UE du 24 novembre 2010 relative aux émissions industrielles (dite IED), la réglementation liée à la rubrique 2910 a été révisée en 2013 et est entrée en vigueur le 1^{er} janvier 2014. Les principaux changements sont les suivants :

- nouvelles définitions de la puissance d'un appareil de combustion et de celle d'une installation de combustion ;
- nouvelle définition de la biomasse avec distinction entre produits et déchets et possibilité de sortie du statut de déchet (SSD) ;
- intégration du régime de l'enregistrement, intermédiaire entre ceux de la déclaration et de l'autorisation ;
- nouvelles valeurs limites d'émission de polluants avec calendrier d'application fonction de la date de déclaration / enregistrement / autorisation de l'installation ;
- possibilité de valoriser les cendres sous équipement de combustion par épandage sur parcelles agricoles.

Après, la définition de la puissance d'un appareil de combustion était : "puissance thermique maximale d'un appareil de combustion : quantité d'énergie thermique, contenue dans le combustible, susceptible d'être consommée en marche maximale continue, exprimée en mégawatts thermiques (MW)". Désormais, elle est : "puissance thermique nominale d'un appareil de combustion : puissance thermique fixée et garantie par le constructeur, exprimée en pouvoir calorifique inférieur susceptible d'être consommée en marche continue, exprimée en mégawatts thermiques (MW)". Il convient de ne pas se laisser abuser par la terminologie, "nominale" n'ayant pas le même sens pour l'administration et les professionnels : il s'agit bien de la puissance "entrée chaudière" (capacité de consommation de combus-

Définition de la biomasse au sens de la rubrique 2910 des installations classées pour la protection de l'environnement.

(source : Biomasse Normandie, d'après le décret n° 2013-814 du 11 septembre 2013)

Définition de la biomasse au sens de la rubrique 2910 des ICPE			Exemples de combustibles bois
N°	Produits / déchets	Complément d'information	
a	Produits composés d'une matière végétale agricole ou forestière...	... susceptible d'être employée comme combustible en vue d'utiliser son contenu énergétique	Plaquettes forestières / bocagères Granulés
b(i)	Déchets végétaux agricoles et forestiers		Plaquettes forestières / bocagères Plaquettes issues de bois d'élagage
b(ii)	Déchets végétaux provenant du secteur industriel de la transformation alimentaire...	... si la chaleur produite est valorisée	
b(iii)	Déchets végétaux fibreux issus de la production de pâte vierge et de la production de papier à partir de pâte...	... s'ils sont co-incinérés sur le lieu de production et si la chaleur produite est valorisée	
b(iv)	Déchets de liège		
b(v)	Déchets de bois, à l'exception des déchets de bois qui sont susceptibles de contenir des composés organiques halogénés ou des métaux lourds...	... à la suite d'un traitement avec des conservateurs du bois ou du placement d'un revêtement, y compris notamment les déchets de bois de ce type provenant de déchets de construction ou de démolition	Produits connexes de scierie (PCS)
			Broyats d'emballages en bois (1)
			Broyats d'autres déchets de bois

(1) Les broyats d'emballages en bois sont à ce jour les seuls déchets de bois pouvant faire l'objet d'une sortie de statut de déchet (cf. l'arrêté du 29 juillet 2014 fixant les critères de sortie du statut de déchet pour les broyats d'emballages en bois pour un usage comme combustibles de type biomasse dans une installation de combustion).

✓ ZOOM

Sortie du statut de déchet des broyats d'emballages en bois pour un usage comme combustible dans les installations de combustion classées en rubrique 2910-A des ICPE

La transcription en droit français de la directive européenne "IED" de novembre 2010 relative aux émissions industrielles et la parution le 11 septembre 2013 d'un décret modifiant les règles de classement et d'approvisionnement des installations de combustion dans la nomenclature ICPE impliquent qu'à partir du 15 octobre 2014 (délai fixé par les services du Ministère de l'écologie) le bois issu de déchets d'emballages en fin de vie ne pourra être brûlé dans les chaufferies classées dans la rubrique 2910-A qu'après avoir été autorisé à sortir du statut de déchet.

Environ 800.000 tonnes de broyats de bois d'emballage triés et calibrés, communément appelés "bois de classe A", sont actuellement valorisées sur le territoire national chaque année dans l'industrie du panneau (20%) ou en chaufferies bois (80%). Pour ces dernières, ce type de combustible représente 15 à 20% de leur énergie en moyenne et jusqu'à 50% pour certaines installations. L'utilisation des broyats d'emballages en bois répond à plusieurs impératifs :

- la compétitivité des chaufferies bois : le remplacement des bois d'emballage par des plaquettes forestières engendrerait un surcoût estimé à environ 25 millions d'euros par an ;
- la sécurité d'approvisionnement des chaufferies bois : la tension actuelle sur la fourniture de plaquettes forestières nécessiterait de recourir à de l'importation de bois forestier pour maintenir en fonctionnement les chaufferies existantes ;
- la maîtrise de l'humidité moyenne du combustible.

Conscients de l'enjeu pour les producteurs et consommateurs de ce type de combustible, la Fedene, Federec, SER-FBE, Amorce, le CIBE et la FNB, soutenus par l'Ademe, ont associé leurs expertises au sein d'un consortium afin d'élaborer un dossier de demande de sortie de statut de déchet des broyats d'emballages en bois. Le bureau d'études Inddigo et le cabinet d'avocats Enckell ont été retenus à l'issue d'un appel d'offres pour, d'une part, confirmer l'absence de risque à utiliser les broyats de bois d'emballage dans des installations de combustion 2910-A et, d'autre part, définir les conditions de tri à respecter pour retirer les bois non conformes et autres déchets indésirables du combustible à livrer aux chaufferies.

Les six membres du consortium ont déposé en septembre 2013 une demande officielle de sortie de statut de déchet selon la procédure fixée par l'Union européenne et les autorités françaises. A l'issue d'une instruction assurée par le Ministère de l'écologie (Medde) et de nombreux échanges entre les organisations professionnelles et l'Administration, ce dossier a débouché sur l'arrêté du 29 juillet 2014 fixant les critères de sortie du statut de déchet pour les broyats d'emballages en bois, publié le 8 août 2014. Il s'agit du premier arrêté français de ce type.

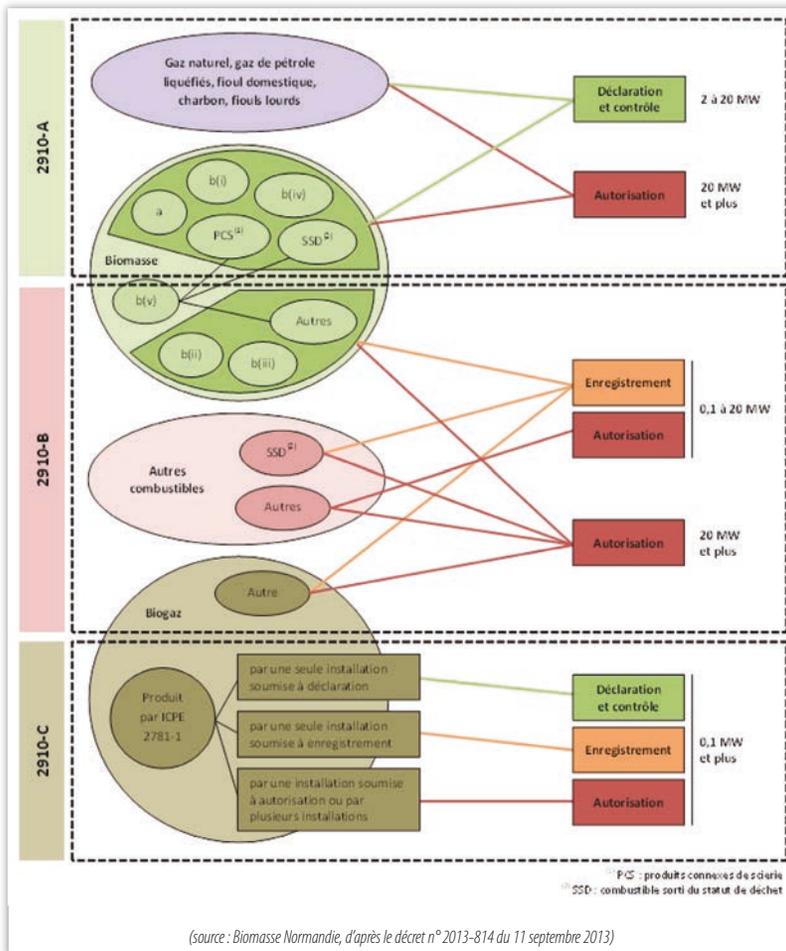
tible). La puissance thermique nominale de l'installation est la somme des puissances thermiques nominales des appareils unitaires la composant.

Toute installation de combustion entrant dans le champ d'application de la rubrique 2910 doit satisfaire aux obligations liées dès lors que sa puissance nominale est **supérieure à 2 MW pour la sous-rubrique 2910-A et 0,1 MW pour les sous-rubriques 2910-B et 2910-C.**

Combustibles autorisés et régimes administratifs des installations

Les combustibles autorisés en rubrique 2910 sont principalement les combustibles fossiles conventionnels, la biomasse et le biogaz. La nouvelle définition de la biomasse répartit celle-ci en deux catégories : les produits agricoles et forestiers d'une part et les déchets d'autre part.

Concrètement, cette classification ne change rien à la situation antérieure pour les plaquettes forestières, bocagères ou issues de bois d'élagage et les produits connexes de scierie : ces



combustibles relèvent toujours de la sous-rubrique 2910-A.

Il n'en est pas de même pour les broyats de bois dits "de classe A" (notamment les bois propres issus de la récupération d'emballages) dont l'usage implique désormais un classement de l'installation de combustion en 2910-B sauf si ce combustible est sorti de son statut de déchet, auquel cas il réintègre la sous-rubrique 2910-A. L'arrêté du 29 juillet 2014, publié le 8 août 2014, fixe les critères de sortie du statut de déchet pour les broyats d'emballages

en bois (déchets acceptés, techniques et procédés de traitement, caractéristiques des broyats, système de gestion de la qualité), laquelle doit être assumée par les fournisseurs de combustibles et mise en œuvre au niveau des plateformes d'approvisionnement. Ainsi, l'exploitant de toute chaufferie classée en 2910-A et utilisant des broyats d'emballages en bois doit, à compter du 15 octobre 2014, demander à ses fournisseurs (et obtenir) les attestations de conformité de sortie du statut de déchet pour les-dits broyats.

Combustibles autorisés et régimes administratifs liés en fonction de la puissance pour les installations classées pour la protection de l'environnement au titre de la rubrique 2910 (combustion).

Les démarches administratives à effectuer dépendent du régime de classement de l'installation :

- régime de déclaration :

- déclaration réalisée par l'exploitant avant la mise en service de l'installation auprès de la préfecture de département ;
- possibilité de prescriptions complémentaires spécifiques ;
- changements notables à signaler ;
- contrôle périodique (5 ans maximum) ;

- régime d'enregistrement :

- demande d'enregistrement au préfet par l'exploitant avant la mise en service de l'installation ;
- consultation du public en mairie et sur Internet (mais pas d'enquête publique) ;
- information des autorités territoriales ;
- possibilité de requalification en autorisation ;

- régime d'autorisation :

- demande d'autorisation au préfet (justification de la demande de permis de construire, capacités techniques et financières de l'exploitant, descriptif des procédés, cartes et plans de l'installation et de ses abords, étude d'impact, étude de dangers, notice d'hygiène et de sécurité...) ;
- enquête publique ;
- avis des autorités territoriales et services administratifs ;
- avis du Coderst (Conseil départemental de l'environnement et des risques sanitaires et technologiques) ;
- autorisation du fonctionnement de l'installation par arrêté préfectoral (dispositions techniques, moyens d'analyse et de mesure, limites des rejets dans l'air ou dans l'eau, contrôles à réaliser...).

Les obligations relevant de chaque régime sont détaillées dans des arrêtés spécifiques en date du 26 août 2013 pour la déclaration et l'autorisation et du 24 septembre 2013 pour l'enregistrement.

L'arrêté relatif aux installations soumises à enregistrement définit les critères que doivent respecter les combustibles issus

du b(v) de la définition de la biomasse (teneurs maximales en métaux lourds, polychlorobiphényles et pentachlorophénol) et les cendres volantes issues de leur combustion (teneurs maximales en métaux lourds, dioxines et furanes) ainsi que les modalités de contrôle et de suivi des lots livrés (nature et fréquence des analyses, tenue des registres...). Dans le cas d'une installation classée en 2910-B et soumise à autorisation, l'arrêté préfectoral précise la nature du combustible autorisé, les teneurs maximales en composés autorisées dans le combustible ainsi que le programme de suivi.

Valeurs limites d'émission de polluants

Quel que soit le régime administratif de l'installation, les arrêtés d'août et septembre 2013 définissent les valeurs limites d'émission (VLE) des polluants dans l'atmosphère ainsi que les modalités de mesures de ces polluants (procédure, fréquence...).

Au regard des VLE définies dans les arrêtés en vigueur avant la révision de 2013, on constate une **baisse globale pour les installations soumises à déclaration** et une absence de modifications significatives pour celles soumises à autorisation. Les VLE des installations relevant de l'enregistrement sont identiques à celles du régime de la déclaration pour les poussières, NO_x, CO, COV, SO_x et dioxines / furanes et à celles du régime de l'autorisation pour les métaux lourds ; les VLE sur les HAP, HCl et HF sont moins contraignantes qu'en autorisation.

Le calendrier d'application des VLE est toutefois fonction de la date de déclaration / enregistrement / autorisation de l'installation. Par exemple :

- toute installation déclarée ou enregistrée après le 1^{er} janvier 2014 doit respecter une VLE pour les poussières de 50 mg/Nm³ à 6% de O₂ dès son démarrage ;

- une installation de 2 à 4 MW dont la déclaration a été effectuée avant le 1^{er} janvier 2014 doit respecter une VLE pour les poussières de 225 mg/Nm³ à 6% de O₂ (soit 150 mg/Nm³ à 11% de O₂, identique à la VLE figurant dans l'arrêté du 25 juillet 1997 avant sa révision en août 2013) jusqu'au 31 décembre 2017 puis 50 mg/Nm³ à 6% de O₂ à partir du 1^{er} janvier 2018 ; ainsi, **les installations de puissance inférieure à 4 MW existantes au 31 décembre 2013 sous le régime de la déclaration sont désormais dans l'obligation d'être équipées, avant le 31 décembre 2017, d'un système de**

Valeurs limites d'émission des polluants liés à la combustion de biomasse pour les installations soumises à déclaration sous la rubrique 2910 des installations classées pour la protection de l'environnement.

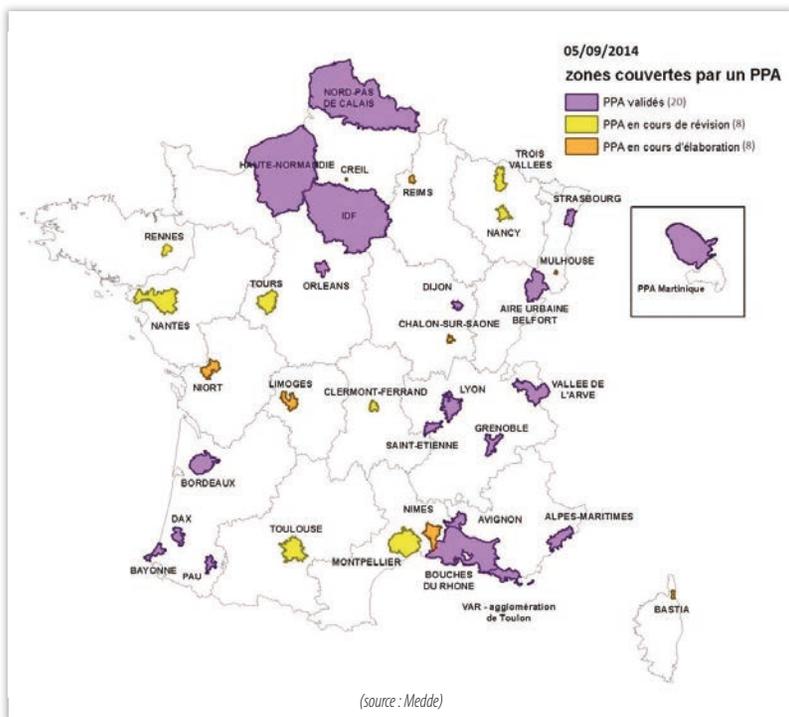
dépoussiérage des fumées performant (électrofiltre ou filtre à manches) pour respecter la VLE des poussières (il en est de même pour les installations de moins de 2 MW qui relèveraient désormais de l'enregistrement) ; pour celles qui n'en disposent pas déjà, des conséquences non négligeables sont à prévoir sur l'équilibre économique du projet voire une impossibilité de réalisation de la modification par manque de place.

Il est à noter que les VLE sont susceptibles d'être abaissées dans les zones couvertes par un plan de protection de l'atmosphère (PPA) (7).

Polluants	Date de déclaration de l'installation	Valeurs limites d'émission ⁽¹⁾
Poussières (mg/Nm ³)	01/01/98 01/01/14	01/01/14 01/01/15 01/01/16 01/01/17 01/01/18
	2 à 4 MW 4 à 20 MW 10 à 20 MW en aggl. > 250.000 hab.	225 150 75 50
NO _x (oxydes d'azote) (mg/Nm ³ , en équivalent NO ₂)	01/01/98 01/01/14	01/01/14 01/01/15 01/01/16 01/01/17 01/01/18
		1 130 750 525
CO (monoxyde de carbone) (mg/Nm ³)	01/01/98 01/01/14	01/01/14 01/01/15 01/01/16 01/01/17 01/01/18
		- 250 250
COV (composés organiques volatils hors méthane) (mg/Nm ³ , exprimés carbone total)	01/01/98 01/01/14	01/01/14 01/01/15 01/01/16 01/01/17 01/01/18
		- 50 50
SO _x (oxydes de soufre) (mg/Nm ³ , en équivalent SO ₂)	01/01/98 01/01/14	01/01/14 01/01/15 01/01/16 01/01/17 01/01/18
		300 225 225
Dioxines et furanes (ng I-TEQ/Nm ³)	01/01/98 01/01/14	01/01/14 01/01/15 01/01/16 01/01/17 01/01/18
		0.1

⁽¹⁾ Les valeurs limites d'émission sont exprimées sur gaz secs, la teneur en oxygène étant ramenée à 6% en volume. Le débit des gaz de combustion est exprimé en mètre cube dans les conditions normales de température et pression (273 K et 101,3 kPa). Avant sa révision en 2013, l'arrêté du 25 juin 1997 comportait des VLE exprimées pour une teneur en oxygène de 11%. Il suffit de multiplier ces VLE par 1,5 pour obtenir leur expression pour une teneur en oxygène de 6% : VLE (6%) = 1,5 x VLE (11%).

(source : Biomasse Normandie, d'après l'arrêté du 26 août 2013)



Zones couvertes par un plan de protection de l'atmosphère.

Valorisation des cendres de bois

Avant la révision de la réglementation liée à la rubrique 2910 des ICPE, seules les installations soumises à autorisation pouvaient envisager l'épandage des cendres. Pour celles-ci, il n'y a pas de modification : tous les sous-produits et déchets issus de la combustion sont valorisables, l'épandage est soumis à l'arrêté du 2 février 1998 régissant l'épandage des boues et composts.

Par contre, l'épandage des cendres sous équipement de combustion est désormais possible pour les installations soumises à déclaration ou enregistrement. Les conditions de valorisation sont en phase avec l'arrêté du 2 février 1998 et complétées par un suivi des cendres avant valorisation par l'exploitant : cahier d'épandage en chaufferie, méthodes d'échantillonnage avant analyse.

Cette disposition représente une réelle avancée. Cependant, l'expression "sous l'équipement de combustion" n'est pas

✓ ZOOM

Récapitulatif des textes législatifs et réglementaires

• Rubrique 2910 des installations classées pour la protection de l'environnement

Décret n° 2013-814 du 11 septembre 2013 modifiant la nomenclature des installations classées.

Arrêté du 25 juillet 1997 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique n° 2910 (Combustion).

Arrêté du 26 août 2013 modifiant l'arrêté du 25 juillet 1997 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique n° 2910 (Combustion).

Arrêté du 26 août 2013 relatif aux installations de combustion d'une puissance supérieure ou égale à 20 MW soumises à autorisation au titre de la rubrique 2910 et de la rubrique 2931.

Arrêté du 24 septembre 2013 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations relevant du régime de l'enregistrement au titre de la rubrique n° 2910-B de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement.

• Autres textes sur les installations de combustion

Décret n° 2009-648 du 9 juin 2009 relatif au contrôle des chaudières

dont la puissance nominale est supérieure à 400 kilowatts et inférieure à 20 mégawatts.

Décret n° 2009-649 du 9 juin 2009 relatif à l'entretien annuel des chaudières dont la puissance nominale est comprise entre 4 et 400 kilowatts.

Arrêté du 2 octobre 2009 relatif au contrôle des chaudières dont la puissance nominale est supérieure à 400 kilowatts et inférieure à 20 mégawatts.

• Emissions et mesures de polluants

Arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets.

Arrêté du 7 juillet 2009 relatif aux modalités d'analyse dans l'air et dans l'eau dans les ICPE et aux normes de référence.

• Sortie du statut de déchet

Décret n° 2012-602 du 30 avril 2012 relatif à la procédure de sortie du statut de déchet.

Arrêté du 29 juillet 2014 fixant les critères de sortie du statut de déchet pour les broyats d'emballages en bois pour un usage comme combustibles de type biomasse dans une installation de combustion.

définie dans les arrêtés des 26 août 2013 (déclaration) et 14 septembre 2013 (enregistrement) et sa compréhension est sujette à interprétation. C'est pourquoi le CIBE, la Fedene et SER-FBE ont adressé un courrier au ministère de l'Écologie en juillet dernier précisant qu'il est nécessaire de clarifier cette expression et de l'entendre comme regroupant les cendres collectées sous foyer et sous cyclone, ce pour les raisons suivantes :

- respect de la hiérarchie des modes de traitement des déchets définie dans le Code de l'environnement : une interprétation restrictive de l'expression "sous équipement de combustion" (en limitant les cendres concernées aux seules cendres sous foyer) exclurait de facto une grande partie du tonnage des cendres (environ

30% du tonnage d'une chaufferie bois) qui pourrait être valorisé, dans le respect de la santé humaine et de l'environnement ;

- développement de l'économie circulaire : la consommation d'engrais chimiques ou d'amendements basiques est réduite grâce à l'utilisation des cendres ; autoriser l'épandage agricole pour les cendres sous foyer et sous cyclone collectées ensemble permet d'encourager l'économie circulaire sur 90% du flux des cendres ;

- réalité de conception des chaudières bois : à ce jour, une très grande majorité (pour ne pas dire la quasi-totalité) des chaufferies biomasse soumises à déclaration ou enregistrement regroupe les cendres sous foyer et les cendres sous cyclone,

et se trouve dans l'incapacité technique de les séparer ; à ce titre, il est techniquement justifié de considérer que les cendres sous équipement de combustion sont le mélange de cendres sous foyer et sous cyclone ;

- cohérence avec l'évolution des différentes versions intermédiaires et finale des arrêtés.

(1) Les PPA (dont le dispositif est régi par le Code de l'environnement) définissent les objectifs permettant de ramener, à l'intérieur des agglomérations de plus de 250.000 habitants ainsi que dans les zones où les VLE sont dépassées ou risquent de l'être, les niveaux de concentrations en polluants dans l'atmosphère à un niveau inférieur aux VLE. Les listes et cartes des agglomérations de plus de 250.000 habitants ainsi que les listes des communes les composant sont disponibles sur le site du ministère de l'Écologie (www.developpement-durable.gouv.fr).

Évaluation des performances énergétiques et environnementales de chaufferies biomasse

Afin de poursuivre et compléter les investigations réalisées en 2007 et 2009, l'Ademe a confié au groupement Leces / Inddigo / MicroPolluants Technologie SA la réalisation de bilans énergétiques et de mesures de polluants (dans les combustibles, émissions atmosphériques et cendres) sur dix installations biomasse récentes (démarrées de 2008 à 2013), de puissance comprise entre 360 kW et 15 MW. Les principaux résultats sont présentés ci-après.

Bilans énergétiques

Les évaluations énergétiques réalisées sur

les chaudières montrent que globalement les rendements sont conformes aux prescriptions des constructeurs.

Les installations de forte puissance (supérieures à 2 MW) sont bien dimensionnées et bien utilisées.

Les installations de plus petite taille sont parfois surdimensionnées avec un taux de charge trop bas. De plus, certaines installations montrent de mauvais réglages induisant une mauvaise combustion et des rejets atmosphériques de certains polluants élevés. Par rapport aux campagnes précédentes, on relève une amélioration notable de l'instrumentation

avec en particulier un meilleur suivi des consommations énergétiques.

Combustibles

Les analyses réalisées sur la biomasse ont concerné le taux d'humidité, la granulométrie, le pouvoir calorifique inférieur (PCI), les teneurs en métaux lourds et composés organochlorés. La qualité du bois est mal contrôlée sur certains sites (taux de fine et d'humidité très variables) et les réglages de combustion ne sont pas toujours ajustés en fonction.

Une grande majorité de chaufferies utilise un mélange de plaquettes forestières et



de broyat d'emballages en bois. Les exploitants interrogés n'étaient pas informés de l'évolution de la réglementation (rubrique 2910 des ICPE) et du reclassement de leur installation sous le régime de l'enregistrement en cas de non changement de combustible. La qualité des combustibles analysés respecte de manière générale les seuils définis dans l'arrêté du 24 septembre 2013.

Cendres

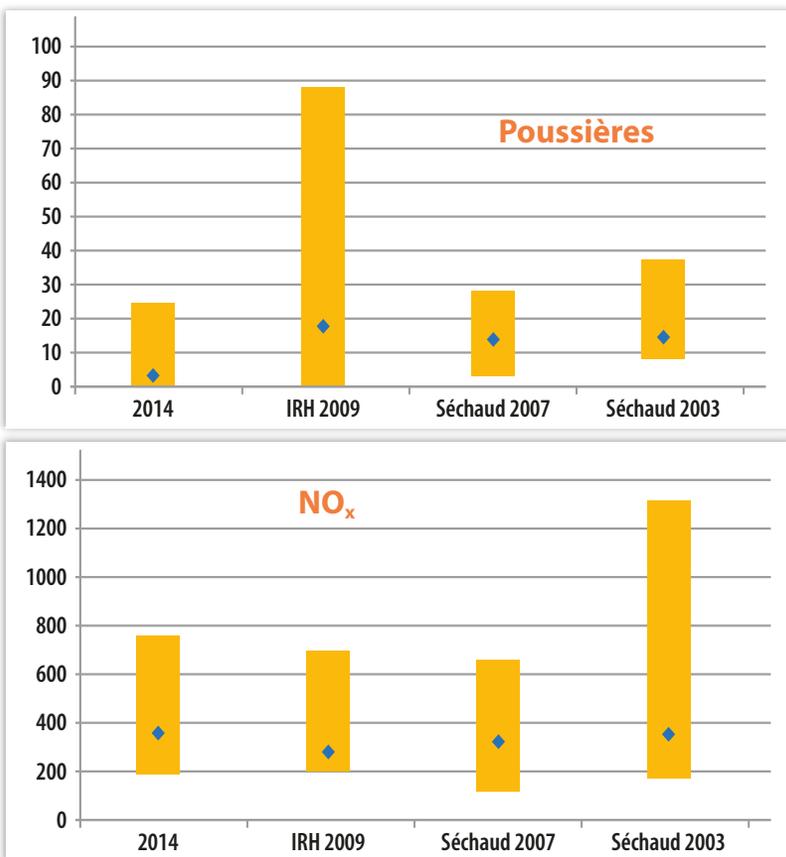
Les analyses réalisées sur les cendres ont concerné l'humidité, la granulométrie, les valeurs agronomiques et fertilisantes, les teneurs en métaux lourds et éléments organiques (HAP, PCB) et la radioactivité. Deux types de cendres ont été analysés par chaudière :

- les cendres collectées sous foyer, souvent mélangées avec les cendres issues du multi-cyclone : elles respectent globalement les valeurs limites des arrêtés pour un épandage agricole ;
 - les cendres volantes (fines) issues des filtres à manches ou des électrofiltres : elles dépassent parfois les seuils fixés dans l'arrêté du 24 septembre 2013 pour les cendres volantes issues de combustibles de type b(v), obligeant l'exploitant d'une installation sous enregistrement à intensifier la fréquence de contrôle des combustibles utilisés et des cendres produites ;
- Il est constaté une différence notable de concentrations pour de nombreux éléments (métaux lourds, dioxines / furanes, radioactivité) entre les cendres sous foyer et les fines, en faveur des premières.

Emissions atmosphériques

Les polluants analysés sont les poussières (totales, PM₁₀ et PM_{2,5}), oxydes d'azote (NO_x), monoxyde de carbone (CO), composés organiques volatils (COV), dioxines / furanes, métaux lourds...

Par rapport aux études précédentes, on observe une **amélioration notable des**



Emissions atmosphériques de poussières et oxydes d'azote selon les campagnes de mesures (valeurs moyennes et plages de variation, en mg/Nm³ à 6 % de O₂).

(source : Ademe / Leces / Inddigo / MicroPolluants Technologie SA)

émissions atmosphériques : peu de sites dépassant les valeurs limites d'émission existantes ou même celles programmées pour les années à venir.

Les raisons identifiées sont :

- pour les poussières : la mise en place de filtres à manches ou d'électrofiltres (une seule installation n'en est pas équipée) ;
- pour le CO et les COV : l'amélioration de la maîtrise des conditions de combustion par des régulations plus fines et un meilleur usage des équipements ;
- pour les NO_x : si l'ensemble ne présente pas d'évolution notable en moyenne, on observe cependant des voies de progrès

sur les nouvelles chaufferies équipées de foyers "bas-NO_x" ou de technologies SNCR.

Recommandations

Les recommandations formulées à la suite de cette étude sont notamment :

- améliorer la maîtrise de la qualité des approvisionnements afin de réduire les incidents de fonctionnement ;
- dimensionner plus finement les installations afin de mieux maîtriser les conditions d'exploitation ou de combustion, en particulier pour les petites chaufferies ;
- promouvoir la mise en place de filières de valorisation des cendres pérennes.

Chaudières à bois et biomasse COMPTE. R.

- Une gamme complète de chaudières de 250 à plus de 11 000 kW,
- Eau chaude,
- Vapeur/Eau surchauffée,
- Air surchauffé,
- Fluide thermique,
- Tous combustibles bois, biomasse et agrocombustibles
- Hauts rendements

Retrouvez notre gamme de chaudières et équipements périphériques sur : www.compte-r.com

Z.I. de Vauréal - 63220 ARLANC / + 33 (0) 473 950 191

PelletModul ZM® original

Pellets en bois forestier

Nouvelle application pour les gammes industrielles pour bois de feuillus et résineux

- Grand potentiel sans anéantir le bois précieux
- Processus de pressage nouveau et éprouvé, sans additifs
- Bénéfices de la chaleur d'échappement existante
- Capacité de 500 à 4000 kg/h
- Quantités de matières premières de 3 à 50 t/jour

Valorisation régionale !

Les matières premières régionales mal exploitées peuvent être transformées en un combustible précieux et renouvelable. Plus d'infos sur demande

technique pour bois

Visitez notre stand à EXPOBOIS 2014
17 - 20 novembre à Paris Nord Villepinte / Hall 3 - F 042

En collaboration avec la technologie de l'entreprise LAUBER / L-ENZ, nous vous informons sur systèmes de séchage plaquettes, bûches de bois et sciure

ZM-Technique pour bois SA
A. Zimmermann / B. Moser
CH 4583 Mühledorf
Tél. ++41 (0)32 661 03 73
info@zmtechnik.ch
www.zmtechnik.ch
Technico - Commercial France
magne-patrick@wanadoo.fr



L'officiel du bois >>> Scierie
Exploitation forestière
Bois-énergie

Professionnels de la filière bois

Retrouvez chaque semaine l'actualité professionnelle, technique et économique de la filière bois + Le Journal des Annonces du Bois

Édition Verte

(Scierie, exploitation forestière)
+ Le Journal des Annonces du Bois

Découvrez nos offres d'abonnements sur www.leboisinternational.com

incluant

Les Rendez-Vous de la Méca
Des dossiers thématiques sur la mécanisation forestière.

Les Cahiers du bois-énergie*

Des synthèses techniques et économiques sur le bois-énergie.

* en collaboration avec le Cibe et l'Ademe.

84 ans d'information au service de la filière bois

LE BOIS INTERNATIONAL

14 rue Jacques Prévert - 69700 Givors • Tél. : 04 78 87 29 40 • Fax : 04 72 30 04 16

