

Bonnes pratiques pour optimiser les performances de chaudières biomasse de puissance inférieure à 1 MW

Recommandations élaborées à la
suite des résultats du projet de
recherche ACIBIOQA :
« Emissions atmosphériques
des chaufferies bois de puissance
inférieure à 1 MW »



CLÉS POUR AGIR

Mai 2023

REMERCIEMENTS

Le Groupement composé d'INDDIGO, du CITEPA et de l'INERIS remercie vivement les représentants de l'ADEME qui ont contribué activement à la finalisation de ces livrables par une relecture attentive et constructive : Anne-Laure Dubilly, Isabelle Augeven-Bour et Laurianne Henry.

CITATION DE CE RAPPORT

Florence PAULUS INDDIGO, Marine FICHAU INDDIGO, Gaetan REMOND INDDIGO, Benjamin CUNIASSE Citepa, Benjamin CEA Ineris, Isaline FRABOULET Ineris.2023. **Emissions atmosphériques des chaufferies bois de puissance inférieure à 1 MW**. Campagnes de mesures sur site et proposition d'évolution des facteurs d'émission. Projet ACIBIOQA. Guide de recommandations. 19 pages

Cet ouvrage est disponible en ligne <https://librairie.ademe.fr/>

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'oeuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Ce document est diffusé par l'ADEME

ADEME

20, avenue du Grésillé
BP 90 406 | 49004 Angers Cedex 01

Numéro de contrat : 19-03-C0042

Étude réalisée par Inddigo, le Citepa, l'Ineris pour ce projet financé par l'ADEME

Projet de recherche coordonné par : Inddigo

Appel à projet de recherche : CORTEA 2018

Coordination technique - ADEME : DUBILLY Anne-Laure
Service Forêt Alimentation et Bioéconomie, Direction Productions et Energies Durables

SOMMAIRE

1. AVANT-PROPOS.....	4
2. ACIBIOQA ET LE CONTEXTE REGLEMENTAIRE	4
2.1. Présentation du projet ACIBIOQA	4
2.2. Rappel de la réglementation et exigences Fonds Chaleur.....	4
3. PRECONISATIONS POUR REDUIRE LES EMISSIONS POLLUANTES DES CHAUFFERIES BIOMASSE	5
3.1. Le bon dimensionnement des chaudières.....	5
3.1.1. Enseignement du projet.....	5
3.1.2. En phase de conception	7
3.1.2.1. Ne pas surdimensionner une chaudière	7
3.1.2.2. Mettre en place un stockage thermique.....	9
3.1.3. En phase de mise en service.....	9
3.1.4. En phase d'exploitation.....	9
3.1.5. En résumé concernant le bon dimensionnement des chaudières	10
3.2. La mise en place d'équipement adapté à la filtration des poussières	10
3.3. Le choix du combustible.....	12
3.3.1. En phase de conception	12
3.3.2. En phase d'exploitation : contrôle de l'humidité.....	13
3.3.3. Teneurs en Azote pour agir sur les émissions de NOx	13
3.4. Instrumentation	14
4. CONCLUSION	15
INDEX DES FIGURES.....	16
SIGLES ET ACRONYMES	17

1. Avant-propos

Le présent document présente des bonnes pratiques pour améliorer les performances énergétiques et environnementales des chaufferies biomasse de puissances inférieure à 1 MW.

Il est à noter que le terme chaufferie concerne un local abritant une production de chaleur centralisée, équipée d'une ou plusieurs chaudières susceptibles d'utiliser différentes sources pour produire de la chaleur (gaz, fuel, biomasse, électricité...).

Ce document est à l'attention des maîtres d'ouvrage, des bureaux d'études et des exploitants et s'appuie sur les résultats et enseignements issus du projet de recherche ACIBIOQA.

Ce document n'est pas un guide complet exhaustif sur la conception et la mise en œuvre des chaufferies mais un rapport de recommandations ciblant les enseignements issus du projet de recherche.

2. Contexte réglementaire

2.1. Présentation du projet ACIBIOQA

Le projet de recherche ACIBIOQA, lauréat de l'appel à projet CORTEA de l'ADEME, coordonné par Inddigo et réalisé en partenariat avec l'INERIS et le Citepa, a été réalisé de novembre 2019 à avril 2023.

L'objectif du projet était double :

- Mieux connaître les émissions de polluants des chaudières de taille intermédiaire en réalisant des mesures en conditions réelles sur des durées englobant les différentes phases de fonctionnement d'une chaudière (démarrage, arrêt, charge partielle, ...)
- Etudier l'influence sur les inventaires nationaux d'une modification des facteurs d'émissions des chaudières biomasse de puissances comprises entre 50 kW et 20 MW.

Il comprend d'abord un état de l'art bibliographique sur la caractérisation des émissions de polluants atmosphériques des chaudières biomasse de puissances comprises entre 50 kW et 20 MW.

Dans un deuxième temps, et après un travail de choix des chaufferies à auditer, une campagne de mesure des émissions de polluants a été réalisée sur six chaudières de puissances comprises entre 150 kW et 1650 kW). Les mesures concernent les polluants suivants :

- Gaz de combustion (Monoxyde de carbone CO, Dioxyde de carbone CO₂, Oxygène O₂, Composés organiques volatils totaux COVT, Oxyde d'azote NOx) ;
- Granulométrie des poussières (PM₁₀ et PM_{2,5}) ;
- Hydrocarbures aromatiques polycyclique HAP ;
- Métaux ;
- Carbone suie (BC) ;
- Particules totales TSP (phase solide et condensable) et solides SP ;
- Classes de volatilité.

Les résultats obtenus au cours du projet ont permis de mettre en évidence des liens forts entre certaines émissions et des pratiques insatisfaisantes au niveau de la conception, du fonctionnement et de l'exploitation des sites.

Les résultats et enseignements du projet ont abouti à la rédaction de ce rapport de recommandations.

2.2. Rappel de la réglementation et exigences Fonds Chaleur

La réglementation ICPE 2910 A concerne les chaufferies de puissance supérieure à 1 MW.

Le Fonds Chaleur ajoute des exigences pour les chaudières à partir de 500 kW. En dessous de cette puissance, seule la réglementation européenne impose des exigences d'écoconception (Directive Ecoconception) non applicable en phase d'exploitation. La figure 1 ci-dessous présente les exigences de la réglementation ICPE 2910 A (puissance supérieure à 1 MW) en orange pour les particules solides (poussières), les dioxydes d'azote (NOx) et le monoxyde de carbone (CO) à 6 % d'O₂.

Le Fonds Chaleur en bleu suit la réglementation ICPE 2910A mais étend les exigences pour les chaudières de puissances comprise entre 500 kW et 1 MW.

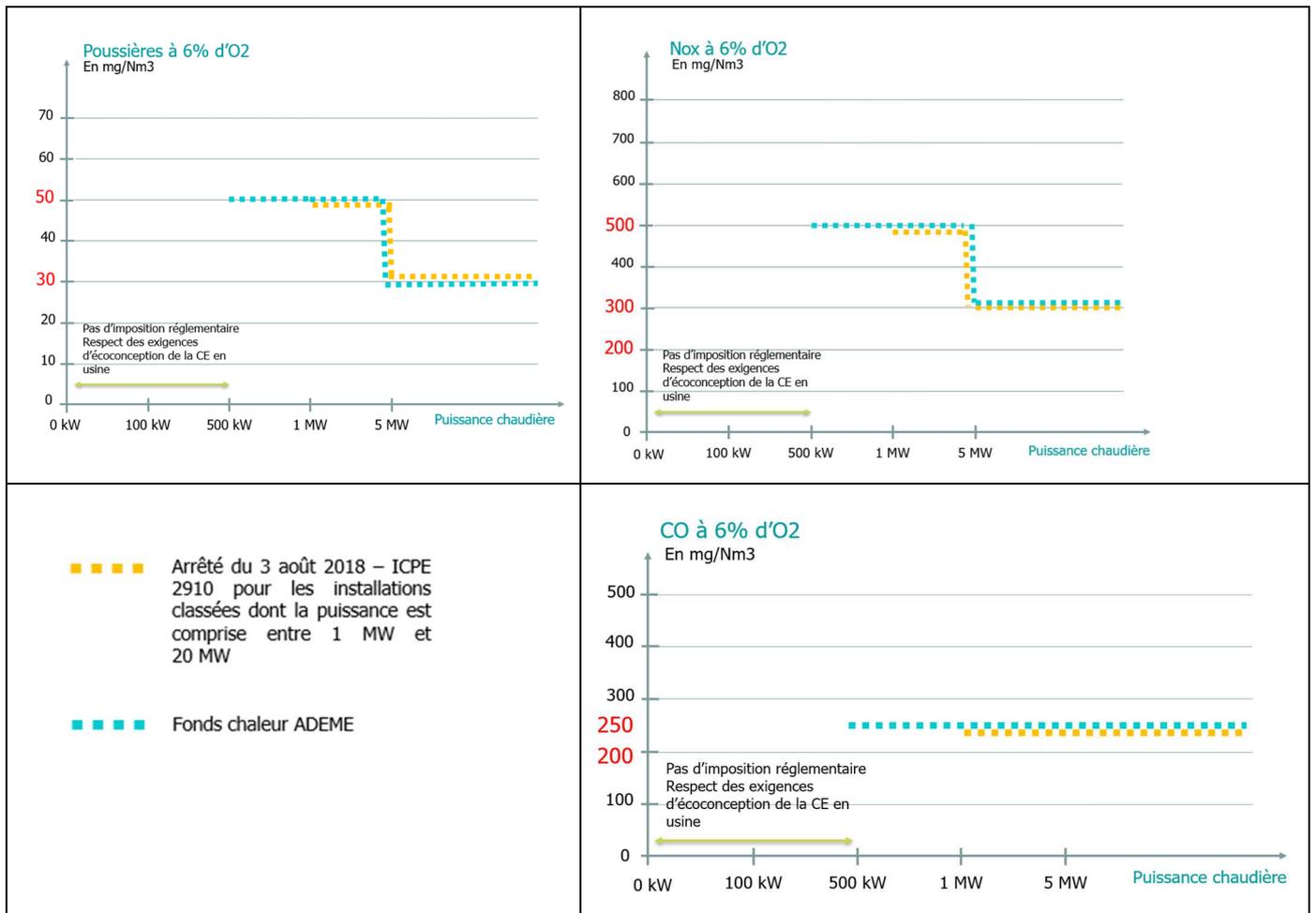


Figure 1 : Synthèse de la réglementation et du Fonds Chaleur au regard des émissions de polluants (poussières, NOx et CO) pour les chaudières biomasse de puissances inférieures à 5 MW

3. Préconisations pour réduire les émissions polluantes des chaufferies biomasse

À la suite des enseignements de la campagne de mesure réalisée dans le projet ACIBIOQA, quatre grandes recommandations ont été mises en avant afin de limiter les émissions de polluants de ces installations.:

- Bien dimensionner les chaudières pour réduire leurs cycles de fonctionnement
- Installer des systèmes de filtration sur les chaudières
- Bien choisir le combustible
- Instrumenter sa chaudière bois

3.1. Le bon dimensionnement des chaudières

3.1.1. Enseignement du projet

La mesure du taux d'oxygène dans les fumées permet d'évaluer si la chaudière est dans une phase de marche à pleine charge ou dans des régimes intermédiaires. Les analyses réalisées sur les six chaudières de taille intermédiaire ont permis de suivre :

- Les courbes CO/O₂
- Les émissions de poussières

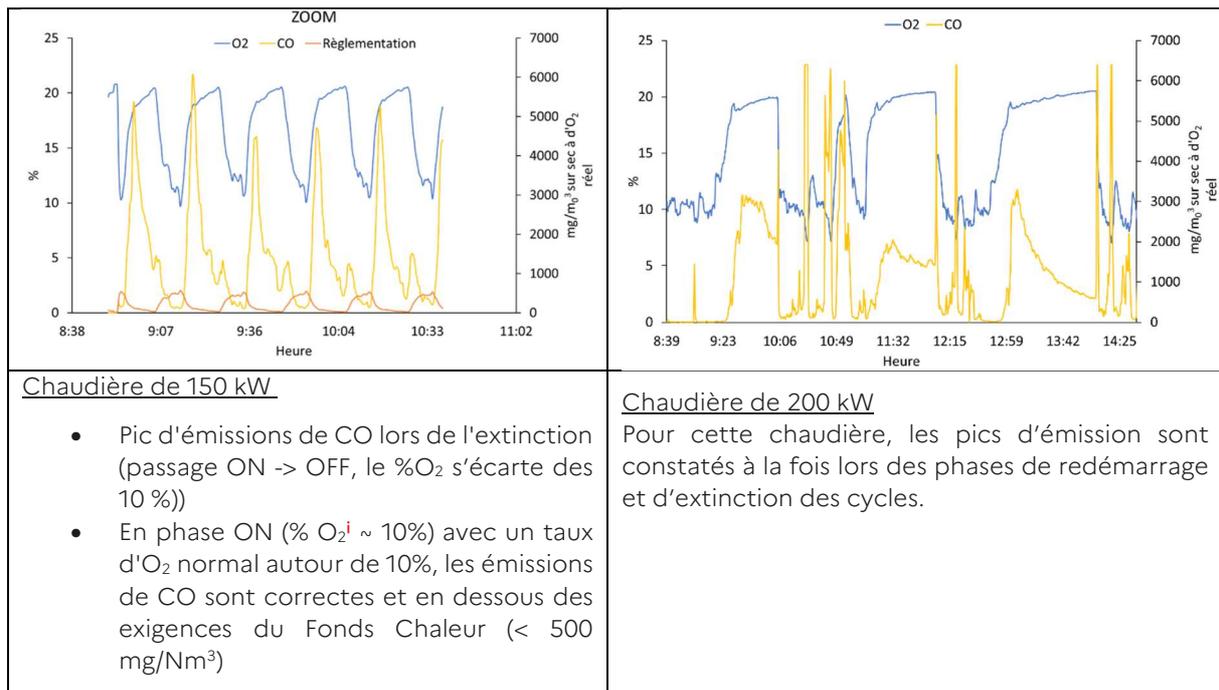


Figure 2 : Suivi des émissions de CO en fonction du taux d'oxygène

Sur les sites qui présentaient de nombreux cycles ON-OFF, les émissions de poussières ont été importantes avec des résultats entre 85 et 485 mg/Nm³ à 6 % d'O₂.

L'analyse des courbes CO/O₂ et les émissions de poussières plus élevées avec les chaudières qui présentent de nombreux cycles arrêt/démarrage, montre l'importance de diminuer la fréquence des cycles.

Sur une bonne partie des chaudières inférieures à 1 MW, le fonctionnement en cycle est une règle de programmation qui a été constatée sur cinq des six chaudières auditées.

Par exemple si la consigne est de 85 °C, la chaudière est en pleine charge pour atteindre 85 °C puis elle module entre 30 % (minimum technique) et 100 % jusqu'à 89 °C (+ 4 à 5 °C). A cette température, la chaudière se met en veille jusqu'à ce que la température redescende en dessous de 78 °C.

Ce fonctionnement assure une durée de vie de la chaudière optimale en préservant celle-ci des risques de condensations (atteinte du point de rosée en sous-charge) mais peut générer, selon la charge de la chaudière, entre deux et six cycles par heure, augmentant ainsi les émissions de particules solides.

Des solutions existent toutefois pour limiter le nombre de cycles (figure 3 ci-dessous) :

- Dimensionner l'installation pour un temps de fonctionnement supérieur à 2000 h pleine puissance ;
- Mettre en place un volume de stockage ;
- Faire le choix de mettre deux chaudières biomasse en cascade dans certains cas (taux de couverture biomasse supérieur à 90 % et/ou production d'eau chaude sanitaire en été par exemple).

RÉDUIRE LES CYCLES

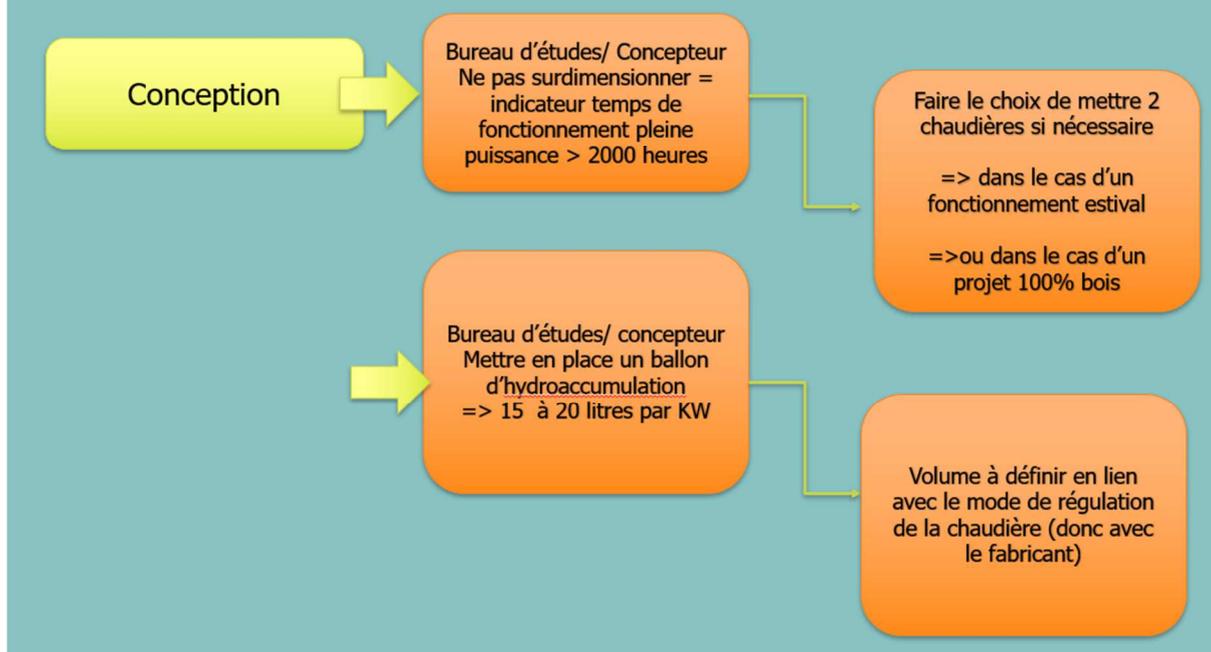


Figure 3 : synthèse des préconisations pour un bon dimensionnement d'une chaudière biomasse

Ces préconisations sont détaillées ci-après.

3.1.2. En phase de conception

3.1.2.1. Ne pas surdimensionner une chaudière

L'étape préliminaire essentielle est la connaissance des besoins thermiques à satisfaire et la définition de l'objectif de taux de couverture visé pour la part biomasse de la production thermique de la chaufferie. Il est primordial que le maître d'ouvrage soit précis dans la description des usages et des bâtiments à alimenter, et qu'il anticipe leur évolution dans le temps (impact décret tertiaire par exemple). A ce titre, des audits énergétiques des bâtiments, voire une instrumentation des consommations, sont recommandés pour affiner la définition de ces besoins. Une ambition raisonnable dans le nombre de bâtiments qui seront effectivement desservis limitera le risque de surdimensionnement.

Par ailleurs, la définition de l'objectif de taux de couverture des besoins par l'énergie biomasse est fondamentale et aura une incidence sur les conditions de fonctionnement de la chaudière. Plus ce taux sera proche de 100 %, plus la chaudière devra fonctionner à des régimes intermédiaires éloignés de son nominal. Si la chaufferie doit fonctionner pour des usages réduits ou si le maître d'ouvrage souhaite s'orienter vers du 100 % biomasse, la mise en place de deux chaudières peut s'avérer nécessaire pour avoir une puissance adaptée lorsque les appels de puissance sont plus réduits et ainsi réduire les arrêts et le nombre de cycles.

Sur la base de ces hypothèses de programme (besoins à satisfaire voir Figure 4), le concepteur doit maîtriser sa conception et limiter ses marges de sécurité. A cette fin, il est fondamental d'avoir recours à un concepteur compétent en chaufferie biomasse (RGE biomasse) qui sera sensibilisé au problème. La tendance naturelle à un « surdimensionnement de sécurité » entrainerait inévitablement de mauvaises performances. Par ailleurs, le concepteur devra être en mesure de proposer plusieurs énergies et plusieurs chaudières si cela s'avère pertinent, et réaliser un dimensionnement au pas horaire pour affiner le taux de couverture obtenu, voire adjoindre à la chaudière un stockage thermique tampon (voir figure 6 ci-dessous).

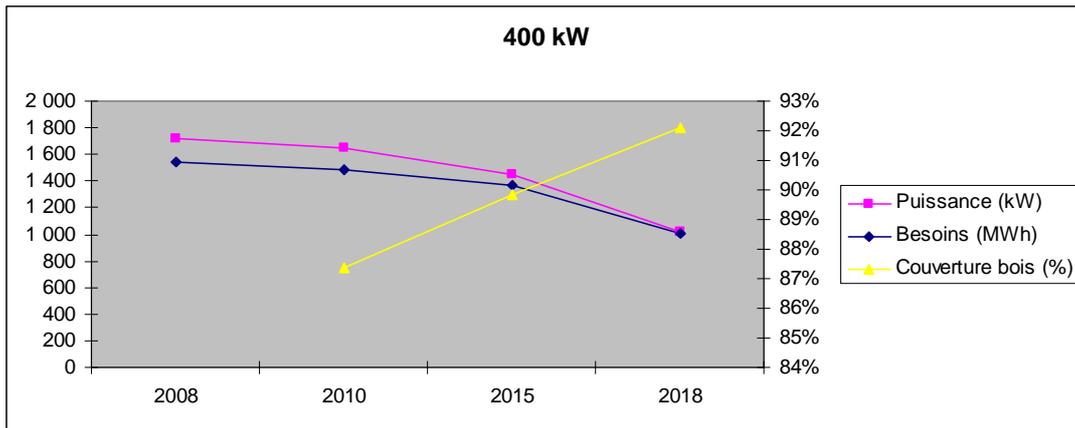


Figure 4 : Exemple d'anticipation d'une baisse des besoins (source INDDIGO). Ici l'étude est réalisée en 2010 et prend en compte un calcul du taux de couverture bois sur les 10 années futures en prenant compte d'une baisse des besoins.

En première vérification, un indicateur simple mais fiable pour détecter un surdimensionnement est le temps de fonctionnement annuel en équivalent pleine puissance, qui est le ratio des besoins à fournir divisé par la puissance nominale de la chaudière.

En phase faisabilité, il est nécessaire d'avoir une simulation au pas horaire des besoins de chaleur pour identifier les périodes où la chaudière bois travaillerait sur des puissances en dessous de son minimum technique. Cette analyse est aussi essentielle lorsqu'il y a plusieurs sources EnR (Figure 5).

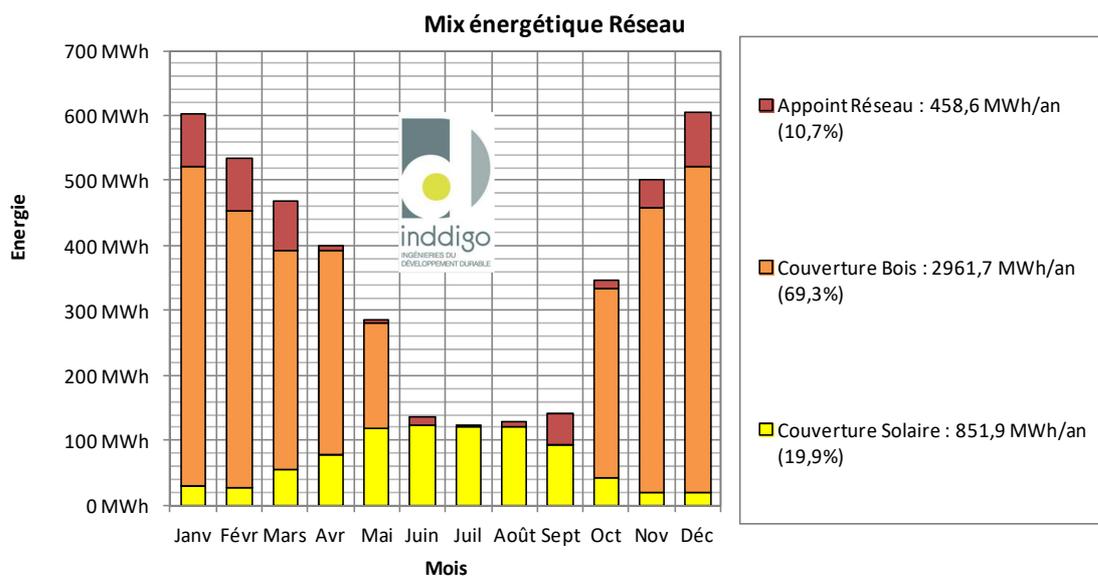


Figure 5 : Production énergétique mensuelle avec répartition par énergie

La présence de plusieurs sources EnR sur un projet doit faire l'objet d'une analyse horaire pour identifier les périodes où la chaudière bois serait amenée à fonctionner en dessous de son minimum technique.

Un temps de fonctionnement minimal de 2 000 heures pleine puissance de la chaudière bois peut être considéré comme un minimum pour s'assurer du bon fonctionnement de la chaudière. Avec un fonctionnement estival et de fortes productions d'eau chaude, ce temps de fonctionnement peut monter au-delà de 3 500 heures.

La mise en place de deux chaudières lorsque les besoins varient de façon importante selon les saisons, ou pour atteindre le 100% biomasse, permet aussi d'augmenter le temps de fonctionnement de chaque chaudière au point nominal (rendement et combustion optimisés).

3.1.2.2. Mettre en place un stockage thermique

La mise en place d'un stockage thermique permet de faire fonctionner la chaudière pendant un temps plus long (allongement des cycles) et donc de réduire le nombre de cycles. Chaque cycle évité réduit les émissions de démarrage et d'arrêt.

Le choix du volume du stockage thermique doit se faire en lien avec le constructeur de la chaudière en fonction des besoins, de leur saisonnalité, des appels de puissance, du type de régulation et des spécificités de la chaudière. Un volume trop important peut aussi être néfaste pour le bon fonctionnement de la chaudière (maintien de feu trop long).

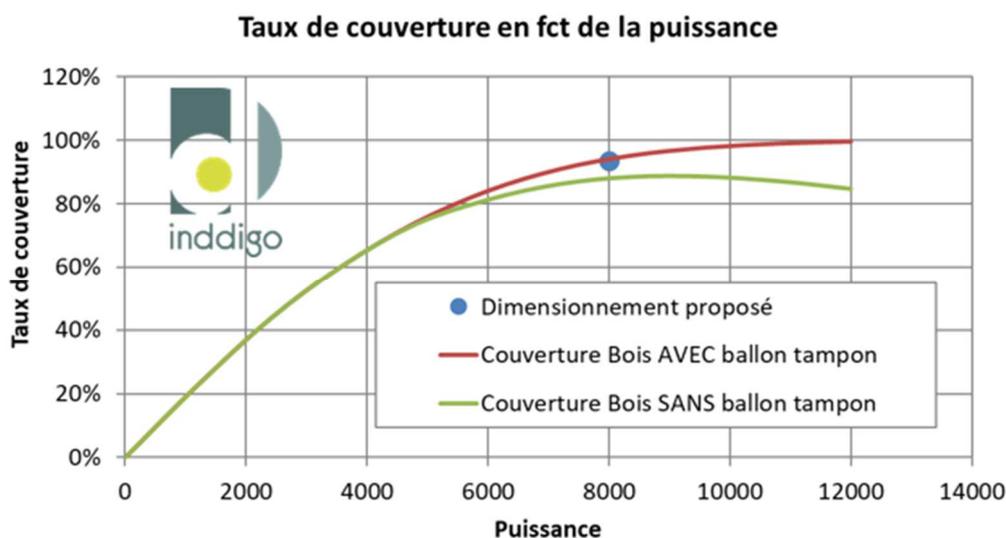


Figure 6 : Evolution du taux de couverture en fonction de la puissance bois avec ou sans stockage

Par ailleurs, la mise en place d'un stockage permet de ne pas surdimensionner la chaudière bois et d'améliorer le taux de couverture des besoins sur l'année (Figure 6).

La conception avec un stockage tampon nécessite une vision transversale spécifique à chaque projet (besoins à couvrir, régulation hydraulique, fonctionnement chaudière) pour être efficace en fonctionnement. Une valeur guide de l'ordre de 15 à 20 litres de volume par kW peut être retenue en première approche.

3.1.3. En phase de mise en service

Il est possible de jouer sur les différences de températures en abaissant la consigne de la chaudière (par exemple à 80 °C au lieu de 90 °C, la plage de modulation passe de 5 °C à 10 °C et rallonge un peu les cycles). Ces réglages doivent être validés par le constructeur et maîtrisés par l'exploitant.

Pour certains constructeurs, il est possible de modifier le mode de régulation en régulation thermostatique, à savoir que la chaudière ajuste en permanence sa puissance pour osciller autour de la consigne. Cela oblige le constructeur à régler sur la chaudière de nombreux points de fonctionnement et peut engendrer des risques de condensation si la charge est trop faible. Cette solution ne pourra pas être mise en place sur une chaudière surdimensionnée.

A la mise en service, la présence du constructeur en sus de l'exploitant est nécessaire pour régler les paramètres de régulation de la chaudière en fonction du type de combustible et du volume et pilotage du ballon. Un rapport de réglage en fonction des caractéristiques du bois doit être exigé.

3.1.4. En phase d'exploitation

Les réglages de mise en service doivent être ajustés en fonction des conditions de fonctionnement réelles, nécessitant un exploitant averti et formé à cet effet.

3.1.5. En résumé concernant le bon dimensionnement des chaudières

Le maître d'ouvrage doit préciser les besoins à couvrir avec réalisme et précisions, et anticiper leur possible évolution dans le temps.

Le concepteur doit maîtriser les dimensionnements et simulations de fonctionnement et limiter ses marges de sécurité de conception. Il doit être capable de proposer plusieurs énergies, plusieurs chaudières et du stockage thermique pour mettre la chaudière biomasse dans les meilleures conditions de fonctionnement possibles.

Le fournisseur de chaudière doit proposer des équipements avec le minimum de phases d'arrêt et redémarrage, et être en mesure de proposer une solution couplée de production et de stockage. Il doit fournir une formation et un guide d'utilisation spécifiques alertant sur l'intérêt de limiter les intermittences. La présence de l'exploitant et du fabricant à la mise en service est essentielle pour le réglage initial des équipements, la compréhension de leur fonctionnement et l'appropriation des modalités d'exploitation.

L'exploitant doit ajuster les réglages aux conditions réelles de fonctionnement et respecter les préconisations d'utilisation.

3.2. La mise en place d'équipement adapté à la filtration des poussières

Afin de respecter les nouvelles exigences du Fonds Chaleur à 50 mg/Nm³ à 6 % d'O₂ pour les chaudières de puissance supérieure à 500 kW, le recours à un filtre à manches, un électrofiltre ou un filtre céramique externe à la chaudière semble nécessaire. En effet, les mesures sur les six sites étudiés dans le projet ACIBIOQA ont montré qu'un cyclone ou multi cyclone, même avec une chaudière ultra performante, ne permettait pas de descendre en dessous de 125 mg/Nm³ à 6 % d'O₂. Ainsi, afin de maintenir des émissions inférieures à 50 mg/Nm³ il faut investir dans une filtration externe dimensionnée en fonction de l'objectif à atteindre (Exigence Fonds Chaleur, Réglementation ICPE, exigences d'un PPA localement, objectifs fixés par un maître d'ouvrage ambitieux).

La mise en place d'un petit électrofiltre compact en ligne, moins onéreux qu'un filtre à manche ou qu'un électrofiltre, peut être une solution pour abaisser ses émissions en dessous de 100 mg/Nm³, si tel est l'objectif à atteindre.

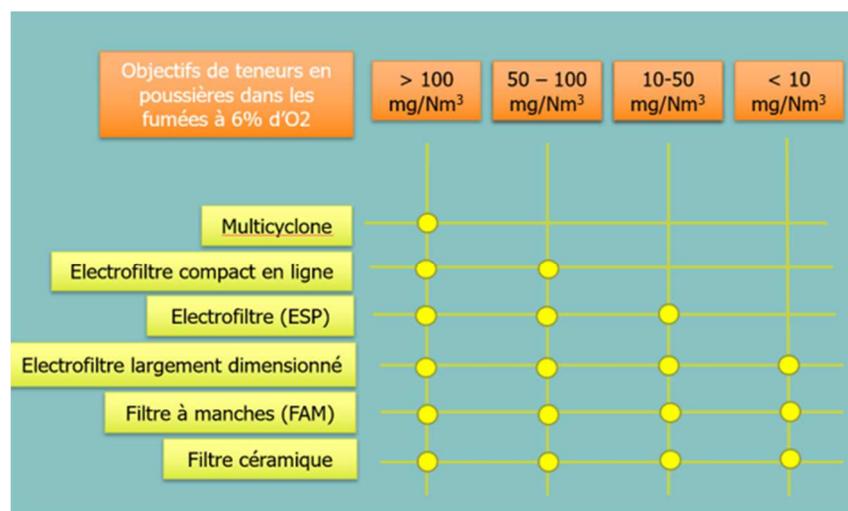


Figure 7: Objectifs de filtration des poussières et équipements adaptés

Pour une chaudière de puissance inférieure à 500 kW, si aucune réglementation ou incitation ne permet d'imposer l'investissement d'un équipement externe de filtration, il est vivement conseillé d'étudier la faisabilité économique du projet au titre des meilleures technologies disponibles, afin de minimiser les émissions polluantes. Les solutions intégrées (multicyclone et/ou électrofiltre compact en ligne) sont une réponse partielle permettant de réduire cet impact.

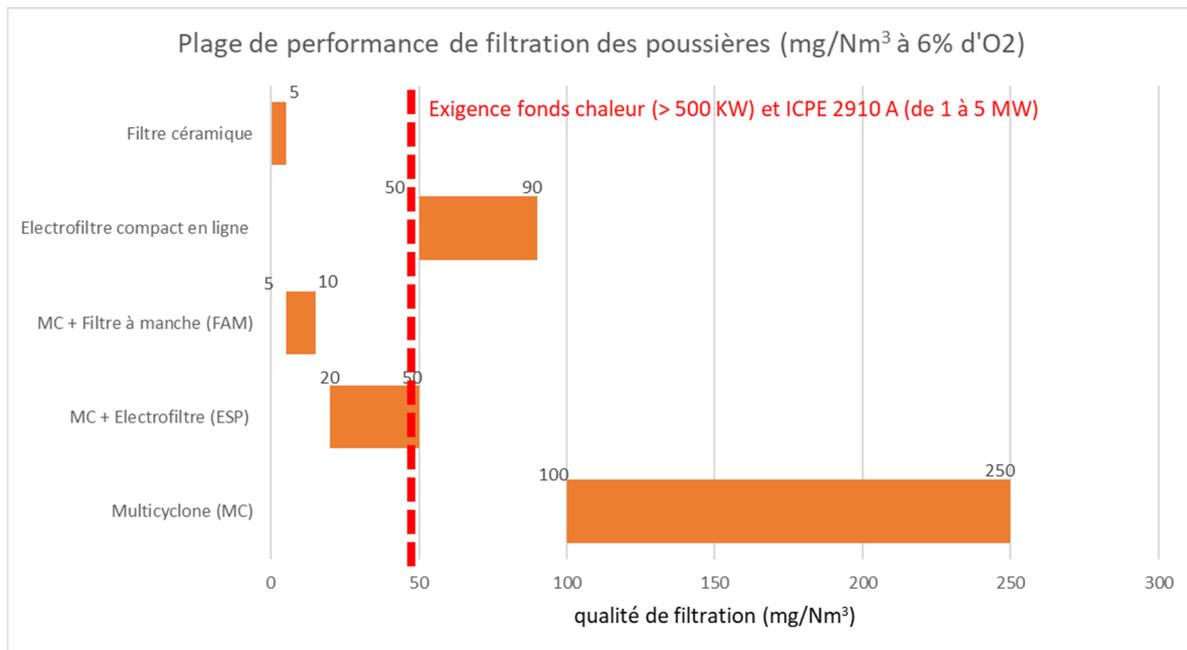


Figure 8 : Plages de filtration évaluées sur la campagne d'entretien des acteurs de la filière et sur les résultats des mesures sur les six sites

Plusieurs études ont été réalisées pour le compte de l'ADEME afin de qualifier le fonctionnement des systèmes de filtration :

- Evaluation technique, environnementale et économique des techniques disponibles de dépeussierage pour les chaudières bois de puissance installée comprise entre 0 et 4 MW (2007)¹
- Évaluation technico-économique des systèmes de réduction des émissions de particules des chaudières biomasse (2012)²
- Evaluation des performances énergétiques et environnementales de chaufferies biomasse (2016)³

Ces guides précisent les bonnes pratiques pour la conception et la maintenance des équipements de filtrations en précisant notamment celles pour les filtres à manches (FAM) et les électrofiltres (ESP).

Ces deux systèmes possèdent les mêmes contraintes de mise en œuvre sur le flux des gaz de combustion, avec dans les deux cas la nécessité d'utilisation d'un multicyclone, pour des raisons de sécurité sur le FAM et pour des raisons de performance sur l'ESP. La conception reste similaire dans l'encombrement et la fonctionnalité avec l'utilisation d'organes communs comme le by-pass, le caisson de filtration, l'étanchéité de l'évacuation des fines, le transport des fines et son stockage. Cependant le dimensionnement reste différent avec la température en entrée de filtre qui déterminera la qualité des manches pour le FAM et la quantité de fines qui déterminera l'intensité du champ électrique et la surface de filtration pour les ESP.

Simple en apparence, ces deux systèmes de filtration nécessitent cependant un entretien rigoureux et des compétences techniques pour assurer des valeurs d'émission en concordance avec le dimensionnement. De manière générale, le système de filtration est intégré au lot technique de la chaudière bois. En conséquence les constructeurs de filtres sont peu présents sur les installations et le conseil technique en fonctionnement est réalisé principalement par le fournisseur de la chaudière bois, potentiellement en limite de compétence sur des équipements externes à sa fourniture directe. Par conséquence, les exploitants sont potentiellement mal sensibilisés aux spécificités d'un système de

¹ https://cibe.fr/wp-content/uploads/2020/01/49071_synthese_eval_techniques_depoussierage.pdf

² <https://cibe.fr/documents/evaluation-technico-economique-systemes-de-reduction-emissions-de-particules-chaudieres-biomasse/>

³ <https://cibe.fr/wp-content/uploads/2017/09/rapport-final-campagne-de-mesures-chauff-bois.pdf>

filtration et devraient être davantage formés pour optimiser le fonctionnement de l'installation et garantir sa pérennité.

Le maître d'ouvrage doit définir l'ambition de son installation en termes de performance de traitement des fumées, qui doit potentiellement être plus exigeante que la réglementation, et prévoir les montants d'investissements ainsi que les provisions d'exploitation en conséquence.

Le concepteur doit préconiser les familles d'équipements adaptés aux objectifs d'émissions définis, aux combustibles utilisés, aux températures et débits de fumées de la chaudière.

Le fournisseur doit mettre en service les équipements de filtration en étroite collaboration avec le fabricant des équipements de traitement de fumée et l'exploitant. Il doit fournir une formation et un guide d'utilisation spécifique aux équipements de traitement. La présence de l'exploitant et du fabricant à la mise en service de l'installation est essentielle pour le réglage initial des équipements, la compréhension de leur fonctionnement et l'appropriation des modalités d'exploitation par l'exploitant.

L'exploitant doit ajuster les réglages aux conditions réelles de fonctionnement, respecter les préconisations d'utilisation des équipements et veiller à leur entretien sur la durée.

3.3. Le choix du combustible

Les mesures réalisées dans le cadre du projet ACIBIOQA sur six chaudières utilisant des combustibles variés (plaquette bocagère, bois d'élagage, plaquettes forestières, mix déchets verts et broyat de palette SSD, plaquette de scierie) n'ont pas permis de faire une corrélation entre le type de combustible et le niveau des émissions.

Notons cependant que, sur les six sites, les niveaux d'émissions de NOx étaient corrects, avec quatre en dessous de 300 mg et deux aux alentours de 350 mg/Nm³ à 6 % d'O₂. Ces deux derniers sites utilisaient du bois d'élagage et de la plaquette bocagères, combustibles plus chargés en azote.

3.3.1. En phase de conception

Pour les petites chaudières, et même jusqu'à des puissances de plusieurs MW, l'utilisation d'agro-combustible (produits ou sous-produits de l'exploitation agricole : miscanthus, paille, menue paille, sarment de vignes, chanvre...), de sous-produits de l'industrie agro-alimentaire (Noyau d'olive, graine de lin, marc de café) est déconseillé même si ces deux catégories de combustibles entrent dans le régime ICPE 2910A.

En effet, la teneur en azote, ou parfois la présence de polluants issus des pratiques agricoles, ne permettent pas d'assurer des émissions conformes à la réglementation sans filtration et traitement des fumées adéquats.⁴

Pour les petites chaudières qui n'ont pas d'imposition réglementaire, la combustion des agro-combustibles entraînent des émissions non contrôlées, et avec un impact environnemental très fort. Par exemple certains agro-combustibles ont généralement des teneurs en chlore et en soufre plus élevées que la biomasse traditionnelle et conduisent à la formation de fumées acides très corrosives. Le choix du filtre et du média filtrant devra intégrer ce paramètre. Par ailleurs, les agro-combustibles présentent aussi une température de fusibilité des cendres plus basse que la plaquette forestière. Les cendres s'agglomèrent en mâchefers imperméables à l'air et causent de nombreuses difficultés de fonctionnement du foyer (collage des cendres sur les barreaux de grille, sur les parois latérales du foyer, attaque chimique et corrosion du matériel, obstacle à la bonne répartition de l'air de combustion, difficultés d'évacuation etc). Une petite chaudière conçue pour la plaquette ne peut donc pas utiliser des agro-combustibles.

Nous rappelons, par ailleurs, que la combustion du bois déchet n'est possible que sous le régime 2771 (incinérateur) ou 2971 (Chaufferie CSR), ce qui n'est pas compatible avec une chaudière de moins de 15 MW.

⁴ [Fiche 2](#) : combustible bois et réglementation

Pour aller plus loin sur ce sujet, il est possible de se référer au guide⁵ ADEME sur la qualité des approvisionnements biomasse qui présente dans une fiche synthèse le lien entre les référentiels combustibles bois et la nomenclature ICPE⁶.

Le combustible a une incidence importante sur le dimensionnement d'un électrofiltre. En effet, si la quantité de fines (particules < 3,15 mm) en entrée de l'ESP augmente (particules susceptibles de voler dans le corps de chauffe), la surface de captation doit elle aussi augmenter pour obtenir une même efficacité pour un même débit de fumées à filtrer. Dans le cadre de l'utilisation d'un ESP, il faut donc anticiper la typologie du combustible.

Pour le filtre à manches, l'incidence de la quantité de fines sera forte sur la fréquence de décolmatage mais pas sur son dimensionnement.

La quantité de fines doit être inférieure à 10 % avec un idéal à moins de 5 %.

3.3.2. En phase d'exploitation : contrôle de l'humidité

Les émissions de poussières et le monoxyde de carbone (CO) étant favorisées par une combustion dégradée, et les paramètres de combustion étant réglés à la mise en service sur une humidité moyenne, il est important de contrôler régulièrement l'humidité du combustible livré. Si la variabilité du taux d'humidité est une caractéristique intrinsèque et inévitable de la biomasse, il est nécessaire de la contrôler. Refuser la livraison d'un combustible trop humide permet de s'assurer du respect des exigences pour les prochaines livraisons.

Si les caractéristiques du combustible sont prévues pour changer sur le long terme (augmentation du taux d'humidité par exemple) il est nécessaire de vérifier si cela est compatible avec la chaudière, et de modifier les paramètres de combustion le cas échéant.

3.3.3. Teneurs en Azote pour agir sur les émissions de NOx

Les mesures réalisées dans le cadre du projet ACIBIOQA montrent que l'atteinte des exigences du Fonds Chaleur et de la réglementation ICPE est largement tenue concernant les émissions de NOx. Il faut cependant rappeler que les émissions de NOx d'une chaudière dépendent du combustible. Un combustible chargé en azote génère des émissions qui peuvent rapidement dépasser les 500 mg/Nm³.

Le cahier des charges du fournisseur de combustible biomasse doit imposer, en plus de la granulométrie et de l'humidité, des valeurs maximales de teneur en azote.

Il est par exemple possible de s'appuyer sur la norme définie par la CEN/TS 14961 :

Azote (% en masse sur produit sec)	
N0.5	< 0,5 %
N1.0	≤ 1,0 %
N3.0	≤ 3,0 %
N3.0+	> 3,0 %
valeur réelle à mentionner	

Figure 9 : Extrait de la norme CEN/TS 14961 : Biocombustibles solides - Classes et spécifications des combustibles

Certains fabricants de chaudières imposent un taux d'azote maximum pour le combustible. Il est donc nécessaire de bien valider le choix de la chaudière avec la connaissance de ce paramètre.

La vérification du taux d'azote exige la réalisation d'une mesure en laboratoire qui s'avère simple à réaliser et peu onéreuse (< 500 €).

Le taux d'azote généralement observé de quelques produits est indiqué ci-dessous :

⁵ https://librairie.ademe.fr/energies-renouvelables-reseaux-et-stockage/1203-production-de-chaleur-biomasse-qualite-des-approvisionnements.html#/44-type_de_produit-format_electronique

⁶ <https://librairie.ademe.fr/cadic/1206/fiche1-referentiels-combustiblesbois-010367.pdf>

- Ecorce : 0,5 %
- Rémanents forestiers : 0,5 %
- Perches, grumes, chutes de bois massif : 0,1 %

Rappelons que, pour les projets avec des chaudières inférieures à 1 MW, l'investissement dans des systèmes de dénitrification n'est pas viable économiquement.

Il est à noter que « Pour un combustible donné, il n'est pas possible de réduire significativement les émissions de NOx d'une chaudière biomasse en exploitation en modifiant ses conditions de fonctionnement (ajout d'un recyclage des fumées, réduction du facteur d'air global, modification des répartitions des débits d'air primaire et secondaire...), sans, dans le même temps, augmenter les émissions d'imbrûlés. »⁷

Comme déjà mentionné, ceci s'explique par le fait que toute condition de fonctionnement améliorant les conditions d'oxydation dans le foyer permet de réduire les émissions d'imbrûlés, mais augmente celles de NOx. Toute condition de fonctionnement détériorant les conditions d'oxydation, entraîne l'effet inverse.

Pour en savoir plus :

- Mémento pour l'approvisionnement des chaufferies automatiques à bois déchiqueté (librairie Ademe)⁸
- Référentiels combustibles bois énergie de l'ADEME⁹

Le maître d'ouvrage doit préciser le combustible qu'il entend utiliser (plaquettes, granulés, agrocombustibles), et s'y tenir dans le temps. Il doit provisionner les montants suffisants en exploitation pour permettre de s'approvisionner en combustible de la qualité attendue.

Le concepteur doit s'assurer de la compatibilité de la chaudière et du traitement de fumée avec les caractéristiques du combustible retenu.

Le fournisseur de chaudière doit fournir une formation et un guide d'utilisation spécifiques précisant les plages admissibles pour le combustible. La présence de l'exploitant et du fabricant à la mise en service est essentielle pour le réglage initial des équipements, la compréhension de leur fonctionnement et l'appropriation des modalités d'exploitation.

L'exploitant doit ajuster les réglages à la qualité réelle des combustibles utilisés et respecter les préconisations d'utilisation. Il doit contrôler la qualité des combustibles livrés.

3.4. Instrumentation

Le projet de recherche ACIBIOQA a mis en évidence que la majorité des chaufferies de taille intermédiaire ne disposait pas de trappe de mesures pour notamment mesurer les émissions de poussières.

Dans le cadre du projet, il a d'abord été envisagé de mettre en place des trappes conformes à la norme NFX 44052 (> 50 mg de poussières) mais le prix de la réalisation a paru excessif sans intérêt technique spécifique (environ 2 k€ valeur 2020).

De plus :

- Le respect des 5DN¹⁰ sur les distances amont et aval est rarement respecté ;
- La normalisation de la trappe, et notamment ses dimensions surdimensionnées par rapport au besoin, explique en partie ce coût important.

⁷ Bonnes pratiques bas-NOx pour chaudières à biomasse, 2013 ADEME

⁸ <https://librairie.ademe.fr/energies-renouvelables-reseaux-et-stockage/64-memento-pour-l-approvisionnement-des-chaufferies-automatiques-a-bois-dechiquete.html>

⁹ <https://librairie.ademe.fr/energies-renouvelables-reseaux-et-stockage/1783-referentiels-combustibles-bois-energie-de-l-ademe.html>

¹⁰ Diamètre nominal

Pour les chaudières qui ne sont pas soumises à la réglementation ICPE 2910, la réalisation d'une petite trappe de 10 cm par 10 cm est suffisante pour réaliser des mesures en essayant de respecter au mieux la règle des 5DN (aval et amont).

A titre d'exemple, la mise en place de ces trappes pour les chaudières auditées au cours du projet a coûté environ 400 €HT (valeur 2020) par trappe.

4. Conclusion

Le présent document rappelle les préconisations importantes à destination des porteurs de projets, bureaux d'études et exploitants afin d'optimiser les performances énergétiques et environnementales des chaufferies biomasse. Il concerne principalement les chaudières de puissance intermédiaire (inférieure à 1 MW) qui sortent du champ d'application du régime ICPE 2910A.

Cinq axes de travail ont été mis en avant :

- Le bon dimensionnement de la chaudière avec l'indicateur du temps de fonctionnement, en prenant en compte des évolutions futurs de la demande et le besoin en stockage pour lisser les appels de puissance
- Le choix un triptyque combustible/chaudière/traitement de fumée cohérent et le suivi
- L'analyse du traitement des fumées nécessaire au regard des objectifs à atteindre
- La surveillance tout au long de l'exploitation de la qualité des combustibles livrés
- Le suivi des performances de son installation et en ajustant les réglages de la chaudière aux conditions réelles de fonctionnement et aux caractéristiques du combustible.

Afin de limiter les émissions polluantes et d'optimiser les performances énergétiques des chaudières biomasse, les maitres d'ouvrage doivent s'assurer de la prise en compte de ces préconisations, de la conception à la mise en service et durant toute la durée de vie de l'installation, en travaillant avec un assistant à Maitre d'ouvrage ou un maître d'œuvre RGE.

Le recours à un professionnel RGE pour la conception et l'installation d'un projet biomasse est nécessaire à l'atteinte de ces objectifs.

INDEX DES FIGURES

Figure 1 : Synthèse de la réglementation et du Fonds Chaleur au regard des émissions de polluants (poussières, NOx et CO) pour les chaudières biomasse de puissances inférieures à 5 MW	5
Figure 2 : Suivi des émissions de CO en fonction du taux d'oxygène.....	6
Figure 3 : synthèse des préconisations pour un bon dimensionnement d'une chaudière biomasse	7
Figure 4 : Exemple d'anticipation d'une baisse des besoins (source INDDIGO). Ici l'étude est réalisée en 2010 et prend en compte un calcul du taux de couverture bois sur les 10 années futures en prenant compte d'une baisse des besoins.	8
Figure 5 : Production énergétique mensuelle avec répartition par énergie	8
Figure 6 : Evolution du taux de couverture en fonction de la puissance bois avec ou sans stockage.....	9
Figure 7 : Objectifs de filtration des poussières et équipements adaptés.....	10
Figure 8 : Plages de filtration évaluées sur la campagne d'entretien des acteurs de la filière et sur les résultats des mesures sur les six sites.....	11
Figure 9 : Extrait de la norme CEN/TS 14961 : Biocombustibles solides - Classes et spécifications des combustibles.....	13

SIGLES ET ACRONYMES

ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
AFPIA	Association pour la Formation Professionnelle dans les Industries de l'Ameublement
ACIBIOQA	Amélioration des connaissances en matière d'impact des chaufferies biomasse sur la qualité de l'air
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
AFPIA	Association pour la Formation Professionnelle dans les Industries de l'Ameublement
CARABLACK	Caractérisation des émissions atmosphériques de Black Carbon aux rejets de sources fixes
CITEPA	Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique
CO	Monoxyde de carbone
CO ₂	Dioxyde de carbone
COV et COSV	Composés organiques volatils et semi-volatils
COVT	Composés organiques volatils totaux
DGEC	Direction générale de l'énergie et du climat
ENR	Energies Renouvelables
GCIIE	Groupe De Concertation et d'Information sur les Inventaires d'Emissions
HAP	hydrocarbures aromatiques polycycliques
ICPE	Installations Classées Pour l'Environnement
INERIS	Institut national de l'environnement industriel et des risques
N ₂ O	Protoxyde d'azote
NO	Oxydes d'azote
NO ₂	Dioxyde d'azote
NO _x	Oxydes d'azote
O ₂	Oxygène
PM	Particulate Matter en anglais : particules fines
PM ₁	particules d'un diamètre inférieur à 1 micron
PM ₁₀	particules d'un diamètre inférieur à 10 microns
PM _{2,5}	particules d'un diamètre inférieur à 2.5 microns
SO ₂	Dioxyde de soufre
TSP	Total Suspended particulates (Total des particules en suspension)

L'ADEME EN BREF

À l'ADEME - l'Agence de la transition écologique -, nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, économie circulaire, alimentation, mobilité, qualité de l'air, adaptation au changement climatique, sols... - nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

LES COLLECTIONS DE L'ADEME



FAITS ET CHIFFRES

L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



CLÉS POUR AGIR

L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



ILS L'ONT FAIT

L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



EXPERTISES

L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard



HORIZONS

L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.

Guide de Recommandations pour les chaudières biomasse de moins de 1MW

Première source d'énergie renouvelable utilisée en France, la combustion du bois émet des polluants et peut à certaines périodes de l'année et dans certaines zones géographiques, contribuer de façon significative à la pollution de l'air extérieur.

Contrairement aux chaufferies biomasse centralisées soumises au contrôle des ICPE, et au chauffage domestique au bois largement documenté, les émissions atmosphériques des chaufferies bois de puissance inférieure à 1 MW sont mal connues.

Après un état de l'art exhaustif et inédit des connaissances des émissions dans cette gamme de puissance de combustion, le projet a consisté à mener des campagnes d'analyses des émissions polluantes de six installations, couplées à l'analyse de leurs conditions de fonctionnement.

Les résultats obtenus ont permis de revoir les valeurs des facteurs d'émissions de ces petites chaufferies. Ils ont confirmé les performances des systèmes de traitement de fumée. Ils ont également mis en évidence l'impact des phases d'arrêts et de redémarrage des chaudières.

Des recommandations à destination de la filière en termes de dimensionnement initial et de mode de fonctionnement sont proposées, afin d'optimiser les performances des installations de combustion de biomasse de puissance inférieure à 1 MW.

6 chaudières biomasse de 150 KW à 1,6 MW ont fait l'objet d'une campagne inédite de mesures des polluants atmosphériques.

Ce document est le guide des recommandations pour réduire les émissions de polluants des chaudières de moins de 1 MW.

