

RETROFIT D'INSTALLATIONS BIOMASSE

SYNTHESE

JUILLET 2015

Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par : Best Energies / Debat / Exoceth W&ES
N° de contrat : 1401C0037

Coordination technique : Simon THOUIN
Direction Productions et Energies Durables
Service Bioressources



SYNTHESE

1. Contexte de l'étude

Aujourd'hui, environ 1000 installations biomasse recensées de plus de 1 MW bois sont en fonctionnement sur le territoire Français. La très grande majorité de ces installations biomasse sont soumises à la réglementation ICPE.

Aujourd'hui, la réglementation française (ICPE 2910) impose aux installations biomasses nouvelles et existantes des valeurs limites d'émissions en particules. Les installations classées en déclaration (puissance de 2 à 20MW) et en enregistrement (puissance de 100kW à 20MW) sont soumises :

- Pour les installations nouvelles à une valeur limite d'émissions en particules de 50mg/Nm³ à 6% d'O₂
- Pour les installations existantes à une valeur limite d'émissions en particules de 225 à 150 mg/Nm³ à 6% d'O₂ suivant la puissance

A partir de 2018, l'ensemble des installations biomasse existantes classées sous le régime déclaration ou enregistrement devront respecter le seuil d'émissions de particules de 50mg/Nm³ à 6% d'O₂, équivalent à celui des nouvelles installations.

De plus dans les zones sensibles à la qualité de l'air des Plans de Protection de l'Atmosphère (PPA) sont mis en place, les installations biomasse (tous régimes ICPE confondus) peuvent alors être contraintes à des valeurs limites d'émissions plus contraignantes que la réglementation.

Dans le cadre des discussions sur le paquet « air », la commission européenne a proposé à l'ensemble des états membres un projet de directive relative à la limitation des émissions de certains polluants dans l'atmosphère en provenance des installations de combustion moyennes, de puissance comprise entre 1 MW et 50 MW. La commission européenne a proposé au travers de ce projet des valeurs limites d'émission en poussière proche de l'ICPE 2910.

Le respect de valeurs limites d'émissions en particules plus contraignantes, nécessitera pour les installations existantes la mise en œuvre de systèmes de réduction des particules performants. Néanmoins, de nombreuses installations existantes n'ont pas de systèmes de traitement de fumées performant compatibles avec l'évolution de la réglementation. Pour ces installations l'ajout ou la modification d'un système de traitement des fumées sera donc nécessaire, engendrant ainsi des difficultés techniques et économiques, qui seront d'autant plus fortes pour les installations de petites puissances.

On estime actuellement à environ un millier les installations biomasse de plus de 1MW en fonctionnement en France. Parmi ces installations :

- les installations mises en service après 2009 disposent d'un système de filtration imposé par le Fond Chaleur Renouvelable (environ 400)
- les installations supérieures à 10MW sont très majoritairement équipées de systèmes de traitement de fumées performant, de type filtre à manches (FAM) ou électrofiltre (ESP), (une centaine environ).

On estime donc qu'environ 500 chaufferies sont actuellement dépourvues d'un système de filtration performant et donc susceptibles d'en mettre en place pour satisfaire aux exigences de la nouvelle réglementation ICPE.

2. Solutions envisagées pour la réduction des émissions de particules

Pour réduire un maximum les émissions de particules, outre la mise en place de systèmes de **traitement des fumées** performant (solutions secondaires), des mesures en amont sont indispensables :

- Parfaitement **dimensionner son installation** de combustion pour un fonctionnement optimisé
- Maîtriser son **approvisionnement en combustible**
- Maîtriser la **conduite de son installation de combustion** et des systèmes de traitement de fumées

2.1. Solutions de réduction primaire

2.1.1. Amélioration du fonctionnement de l'installation (dimensionnement)

Le fonctionnement à faible ou moyenne charge, ainsi que les phases de démarrage et d'arrêt de la chaudière sont les moments les plus propices à la production et au rejet de particules fines. Le dimensionnement d'une installation biomasse doit permettre d'obtenir un taux de couverture optimisé tout en garantissant un régime de fonctionnement suffisamment élevée à la chaudière.

Alors que le sous-dimensionnement d'une chaudière bois n'entraîne pas de problèmes particuliers de fonctionnement, un surdimensionnement peut entraîner des périodes prolongées de fonctionnement à faible charge donc des rejets de polluants importants ainsi qu'une usure prématurée de l'installation. Afin de remédier à ces dysfonctionnements, il peut alors être envisagé :

- D'installer un volume d'hydro-accumulation afin de lisser les appels de puissance,
- De raccorder un ou plusieurs consommateurs de chaleur supplémentaires au réseau pour adapter l'appel de puissance en adéquation avec la capacité de production de la chaudière biomasse,
- De limiter la période de fonctionnement de la chaudière bois au profit de la chaudière d'appoint/secours lors des périodes d'appels de puissance non linéaires (en début et fin de saison de chauffe, en été pour la production d'eau chaude sanitaire,...).

2.1.2. Amélioration de la qualité du combustible

La qualité du combustible est un paramètre qui influence fortement les émissions de particules (en particulier l'humidité). Il est important de veiller à ce que le combustible possède une qualité constante et des caractéristiques en adéquation avec la chaudière bois. Le cas échéant, une amélioration de la qualité du combustible s'impose.

L'amélioration repose essentiellement sur la définition technique précise des caractéristiques des combustibles acceptés par la chaudière bois et l'inscription contractuelle de ces dernières :

- Nature du combustible (écorces, plaquettes, granulées, sciures, etc.),
- Plage de granulométrie tolérée,
- Taux d'humidité,
- Taux de poussière / fine,
- Taux de matières minérales.

Il s'agira alors par la suite de faire correspondre au mieux les caractéristiques du combustible livré, avec les caractéristiques acceptées par la chaudière bois, cela passera si nécessaire par le changement de fournisseur si celui-ci n'est pas en mesure de fournir le combustible adéquat. La mauvaise qualité du combustible peut également être liée au mode de stockage sur le site de l'installation, en effet, le combustible doit être stocké à l'abri des intempéries et dans un local ventilé.

2.1.3. Amélioration de la combustion

La combustion est un point à examiner avec beaucoup d'attention. En effet, la qualité des réglages influe fortement sur le taux de particules émis (en particulier le taux d'oxygène). Si les techniques et les équipements de régulation ont grandement évolués aux cours des années, les chaudières biomasses les plus anciennes encore en fonctionnement sont équipées de systèmes de régulation moins développés et moins performants que les chaudières commercialisées aujourd'hui.

L'âge de la chaudière conditionne énormément sur l'efficacité de ces voies de progrès, les possibilités d'amélioration / optimisation des points suivants sont à étudier au cas par cas :

- L'excès d'air / Taux d'oxygène dans les fumées,
- Les débits et la répartition de l'air primaire et secondaire,
- L'étanchéité du foyer de combustion,
- L'apport de combustible,
- La voûte réfractaire,
- Le ramonage de l'échangeur.

2.2. Solutions de réduction secondaire

La mise en place des solutions primaires permet de réduire sensiblement les émissions de particules, néanmoins en l'absence de système de traitement de fumées performants, les futurs seuils d'émissions de particules en sortie chaudière ne pourront être respectés.

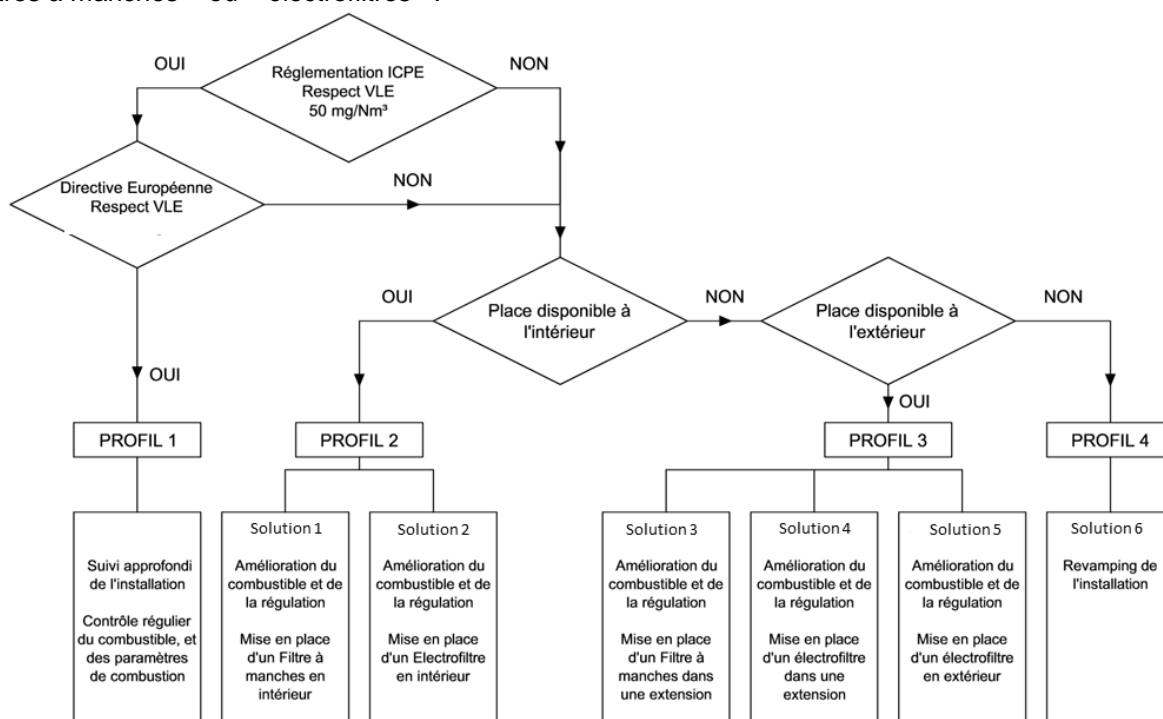
Deux systèmes de filtration performants permettent aux installations existantes de respecter les futurs seuils d'émissions, tout en s'intégrant relativement simplement au niveau d'une chaufferie existante.

Ces deux systèmes de filtration, que sont le **filtre à manches** et l'**électrofiltre** affichent des performances comparables, pour des coûts d'investissement et d'exploitation relativement proches.

Le traitement des fumées par dépoussiéreur cyclonique seul ne permettra pas de respecter les futurs seuils d'émission de particules fines en sortie de chaufferie. En effet, cette technologie de filtration n'est actuellement pas assez performante sur les particules de petites tailles. Cependant, la filtration par dépoussiéreur cyclonique est nécessaire car elle permet de préfiltrer les fumées avant leur entrée dans les systèmes de filtration complémentaires.

Les systèmes à voie humide, avec ou sans condenseurs, impliquent quant à eux des contraintes techniques de mise en œuvre complexes en chaufferie existante et ne peuvent être une solution adaptée que dans des cas particuliers, malgré des performances à priori intéressantes.

La configuration de la chaufferie existante va impacter la solution d'implantation des systèmes de filtration « filtres à manches » ou « électrofiltres ».



Avant d'envisager l'une ou l'autre des solutions secondaires, les points de vigilance suivants sont mis en avant :

- Volumes disponibles dans la chaufferie,
- Foncier disponible pour l'implantation d'une extension éventuelle,
- Compatibilité administrative avec le projet (PLU, nuisances sonores),
- Adéquation avec les équipements existants (emplacement cheminée, maintien accès, etc.),
- Alimentation électrique disponible sur site.

La mise en place de l'équipement, filtre à manches ou électrofiltre, implique la réalisation des travaux suivants :

- Adaptation du génie civil (ouverture / fermeture pour accès, socle),
- Réalisation d'une extension à la chaufferie existante
- Mise en place de l'équipement et accessoires (stockage des cendres, compresseurs d'air, armoire électrique,...),
- Remplacement du ventilateur d'extraction des fumées,
- Réalisation de carreaux de fumées (raccordements, by-pass filtre, silencieux,...),
- Raccordements électriques et divers, asservissement avec chaudière.

2.2.1. Mise en place d'un Filtre à manches (FAM)

La filtration par manches est actuellement la technologie la plus efficace pour la réduction des émissions de particules, mais c'est aussi la plus encombrante. Le taux de particule estimé en sortie de chaufferie, pour une installation utilisant du combustible de bonne qualité et possédant un bon réglage de combustion est de l'ordre de 10 à 20 mg/Nm³ à 6% d'O₂.

Suivant la place disponible en chaufferie, il est préconisé de mettre en place le filtre à manche en chaufferie (solution 1), au sein d'une extension (solution 3). En revanche, il n'est pas conseillé d'implanter un filtre à manche directement en extérieur.

2.2.2. Mise en place d'un Electrofiltre (ESP)

La filtration par électrofiltre est actuellement une technologie efficace, présentant un rapport performance / contraintes d'exploitation intéressant. Le taux de particule estimé en sortie de chaufferie, et pour une installation utilisant du combustible de bonne qualité et possédant un bon réglage de combustion est de l'ordre de 30 à 50 mg/Nm³ à 6% d'O₂. Dans le cadre de la solution 3, il est préconisé la mise en place d'un électrofiltre à l'intérieur de la chaufferie.

Suivant la place disponible en chaufferie, il est préconisé de mettre en place l'électrofiltre en chaufferie (solution 2), au sein d'une extension (solution 4), voir directement en extérieur si l'environnement autour de la chaufferie le permet.

2.2.3. Revamping de l'installation

Si les actions d'amélioration du combustible et de la régulation de la chaudière biomasse ne permettent pas un abaissement suffisant des émissions de particules, et si la place disponible en chaufferie et en extérieur ne permet pas l'installation d'un système de traitement de fumées, il doit alors être envisagé le revamping de l'installation.

Le revamping de l'installation consistera au réaménagement complet de la chaufferie afin de permettre le respect des contraintes réglementaires.

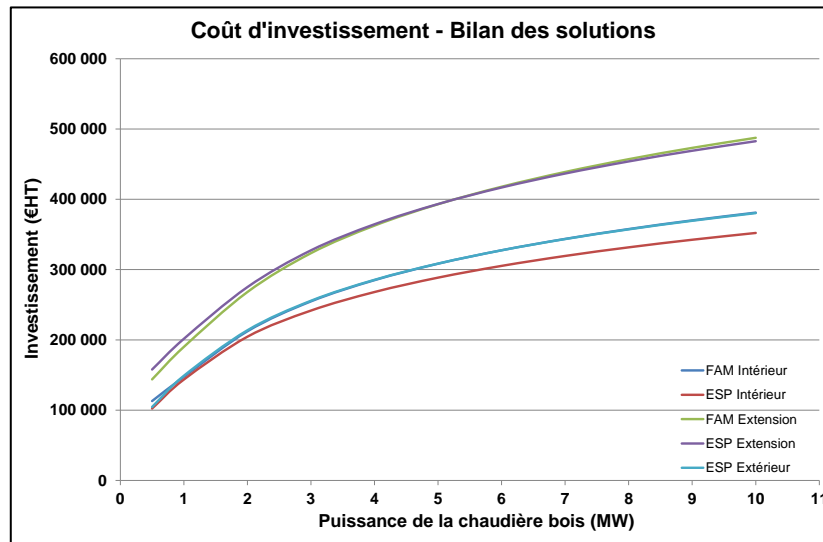
Cette solution s'étudiera au cas par cas pour trouver une solution permettant notamment l'intégration d'un dispositif de traitement secondaire. Outre la mise en place d'un traitement de fumées cette solution peut comprendre :

- Le remplacement et/ou modification de la chaudière bois et périphériques,
- La modification du génie-civil de l'installation.

3. Bilan économique du retrofit

Dans cette partie ont été détaillés les impacts financiers liés à la mise en place de solution traitement de fumées performant :

3.1. Coûts d'investissement

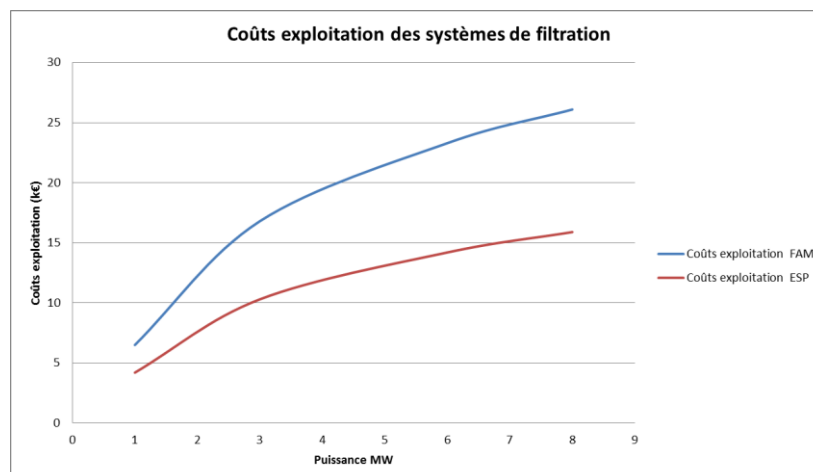


L'investissement est nettement impacté par la possibilité technique de la mise en place de l'équipement en intérieur de chaufferie ou la nécessité de créer une extension. Pour différencier les deux technologies, il s'avère que la solution filtre à manches, présente un investissement total légèrement plus élevé que l'électrofiltre à partir de 2MW (malgré que l'investissement seul du FAM soit globalement moins onéreux que l'ESP). Ceci s'explique par des contraintes d'adaptation à l'existant légèrement plus importantes (remplacement de ventilateur). Il apparaît que sur la plage de puissance 0,75 MW à 2 MW, la différence du montant de l'investissement est très faible.

3.2. Coûts d'Exploitation

Le graphique ci-dessous compare les coûts d'exploitation annuels en fonction de la puissance de l'installation, en intégrant les postes suivants :

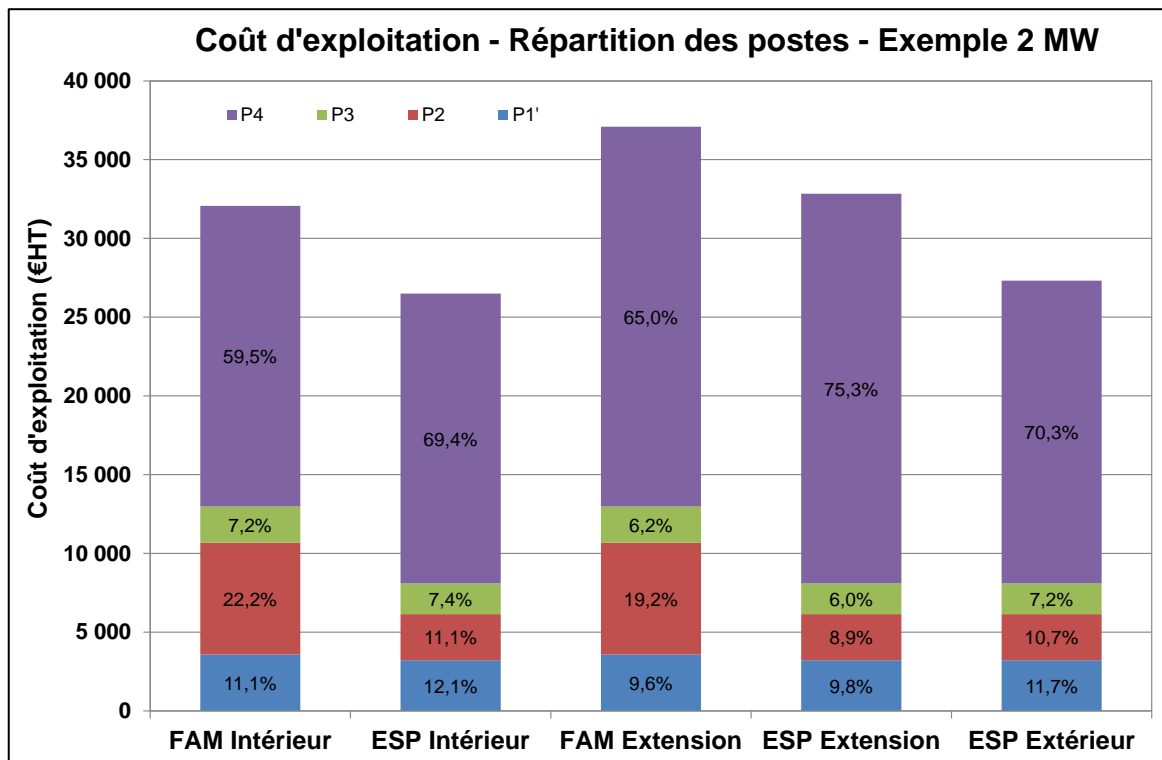
- Poste **P1'** : (Sur)-consommation d'électricité lié à l'équipement,
- Poste **P2** : Conduit et maintenance de l'équipement,
- Poste **P3** : Gros entretien et renouvellement,



Les différences de coûts d'exploitation entre une solution FAM et ESP sont relativement faibles sur une plage de faible puissance (inférieur à 2 MW). Au-delà les coûts d'exploitation sont nettement plus importants pour le filtre à manche.

3.3. Répartition des postes

Le graphique ci-dessous donne la répartition des coûts, pour les 5 solutions de réduction secondaire pour une installation équipée d'une chaudière biomasse d'une puissance de 2 MW. Ce bilan intègre le P4 (coûts d'investissement) sur la base suivant taux d'emprunt à 4% sur 15 ans.

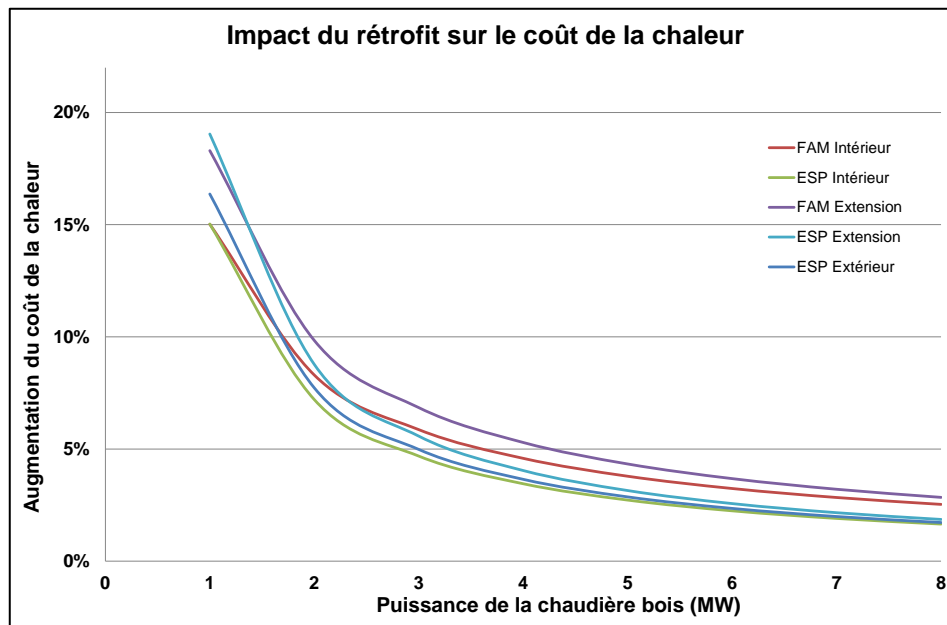


Le graphique ci-dessus montre l'hétérogénéité du bilan économique suivant la solution de réduction secondaire.

En ce qui concerne l'investissement, celui-ci est nettement impacté par la possibilité technique de la mise en place de l'équipement en intérieur de chaufferie ou la nécessité de créer une extension. Naturellement, la solution ESP Extérieur présente une bonne alternative économique, néanmoins cette solution ne pourra convenir que dans des cas biens particuliers (milieu industriel par exemple). Pour différencier les deux technologies, il s'avère que la solution filtre à manches, présente un investissement plus faible que l'électrofiltre, que ce soit pour l'équipement seul ou pour l'investissement total.

En ce qui concerne l'exploitation, le poste P1' consommation électrique, la modélisation en fonction de la puissance de l'installation présente une marge d'erreur. En effet, la consommation électrique est intrinsèquement liée à la production de l'installation qui peut varier sensiblement d'une installation à l'autre pour la même puissance. Le P2, conduite maintenance, comprend également le remplacement des manches pour un filtre à manches. Sur ce poste une différence de coût important est constatée entre les deux technologies. Le P3, gros entretien et renouvellement est similaire pour les deux technologies. La comparaison des coûts d'exploitation montre que contrairement au poste investissement, la technologie électrofiltre présente des coûts d'exploitation inférieurs.

3.4. Impact sur le coût de la chaleur



L'impact du coût de la chaleur est très important pour les installations jusqu'à 4 MW. Au-delà de cette puissance, l'augmentation du coût de la chaleur est inférieure à 5%. A noter que pour les installations d'une puissance de 2 MW ou inférieur, l'augmentation du coût de la chaleur est de l'ordre de 10 à 20%.

La présente analyse permet de mettre en évidence un point important ; la difficulté de la mise en conformité des installations de faible puissance, au regard de l'impact très important sur le coût de la chaleur. La répercussion du surcoût du traitement des fumées sur les prix de vente de la chaleur nuira indéniablement à l'attractivité de certains projets biomasse.

4. Conclusions et perspectives

4.1. Solutions de réduction des émissions

Ces nouveaux seuils, contraignants, ne pourront pas être respectés avec uniquement le traitement des fumées par un dépoussiéreur cyclone. Cette technologie d'épuration des fumées équipe la majorité des installations de combustion biomasse datant d'avant la mise en place du Fonds Chaleur Renouvelable (2009).

Dans ce contexte, l'identification de solutions permettant de réduire les rejets de particules fines est indispensable. La présente étude met en avant les solutions suivantes permettant de réduire les émissions de particules fines des installations de combustion biomasse existantes :

4.1.1. Solutions de réduction primaire

Les améliorations portant sur la qualité du combustible et la qualité de la combustion sont dites solutions de réduction primaires.

Le contrôle de la qualité du combustible est l'étape indispensable à ne pas négliger afin d'obtenir les meilleurs résultats tout au long du processus de réduction des émissions de particules. En effet, le choix d'un bon combustible, permettra de minimiser la génération de particules fines, facilitera les réglages de combustion au quotidien, et diminuera le taux de poussière à traiter par les systèmes de filtration en sortie de chaudière.

La qualité de la combustion impact également la génération de particules fines. Les améliorations liées à l'optimisation de la combustion sont difficiles. En effet, l'âge et la qualité de la régulation d'origine de la chaudière influent fortement les possibilités d'amélioration. Cependant, des améliorations simples peuvent être adaptées sur une grande majorité des chaudières les plus anciennes. Ces améliorations sont difficilement estimables en termes de réduction des émissions de particules, et en termes de coûts financiers liés à leur implantation.

L'amélioration du fonctionnement de l'installation est également un paramètre important. En effet, le fonctionnement à faible charge, et les phases de début et de fin de combustion sont des périodes de fonctionnement propices à la génération de particules fines. Les périodes de fonctionnement à faible charge et les phases de fonctionnements répétées de début et de fin de combustion apparaissent principalement en période estivale, lorsque les appels de puissances à couvrir sont faibles et hétérogènes.

4.1.2. Solutions de réduction secondaire

La réduction des émissions de particules par traitement de fumées de combustion est désignée par le terme réduction secondaire. Les technologies suivantes sont mises en avant pour le traitement de fumées et l'abattement de particules fines :

- Les dépoussiéreurs (multi-)cyclones,
- Les filtres à manches,
- Les électrofiltres.

Si les filtres cycloniques actuels sont incapables de répondre aux futurs seuils d'émissions de particules, il se développe sur le marché une nouvelle génération de filtres cycloniques plus performants. Cette technologie pourrait donc être intéressante à l'avenir, malgré l'abaissement des seuils réglementaires d'émissions de particules. Cette technologie, robuste, reste cependant le meilleur procédé permettant de préfiltrer les fumées de combustion, avant leur entrée dans les systèmes de filtration secondaires.

Actuellement se distinguent sur le marché deux systèmes de filtration, le filtre à manches et l'électrofiltre. Ces deux systèmes, reconnus comme étant les filtres les plus adaptés actuellement disponibles, permettent de respecter les limites actuels et futurs d'émission de particules. Chaque système possède ses propres contraintes techniques de fonctionnement et de mise en œuvre. Il apparaît que la technologie électrofiltre présente moins de contraintes d'adaptation à l'existant, alors que le filtre à manches présente de meilleures performances et est évolutif (par le changement de manches et/ou l'ajout de réactifs).

Du point de vue financier quelques différences apparaissent. Les coûts d'investissement liés à l'implantation d'un filtre à manches sont légèrement supérieurs à ceux liés à l'implantation d'un électrofiltre, essentiellement à partir de 2MW. Les coûts d'exploitation d'un filtre à manches sont supérieurs à ceux d'un électrofiltre, surtout au-dessus de 2MW.

4.2. Impact économique du rétrofit

Cette étude montre que l'installation d'un filtre à manches ou d'un électrofiltre au sein des installations biomasse les plus petites (puissance biomasse comprise entre 1 et 3 MW) augmente significativement les coûts de la chaleur (5 à 20 %). Une augmentation des coûts d'une telle ampleur pourra présenter un frein important à l'attractivité de la chaleur produite à parti de la biomasse.

Cette étude a permis de mettre en évidence deux systèmes de traitement des fumées : les filtres à manches et les électrofiltres. Si malgré les nombreux points de comparaisons étudiés en particulier techniques, ces deux solutions ont un impact globalement négatif sur le bilan économique.

Par ailleurs, sur la base de l'estimation de 500 installations sur le plan national concernées par le rétrofit et en considérant un montant d'investissement moyen entre 240k€ HT¹ et 310 k€ HT², le coût global de la mise aux normes s'élèverait environ entre 120 et 155 M€ HT.

¹ Investissement moyen FAM ou ESP en chaufferie pour la puissance moyenne constaté de 2,7 MW.

² Investissement moyen FAM ou ESP dans une extension pour la puissance moyenne constaté de 2,7 MW.

4.3. Propositions

Les propositions d'assouplissement de la réglementation, ci-dessous, sont portées par le consortium qui a réalisé l'étude. Ces propositions n'ont été validées, ni par le Ministère de l'Environnement, ni par l'ADEME, et devront en tout état de cause faire l'objet d'une évaluation environnementale.

Les coûts d'investissement, et par conséquent les surcoûts d'exploitation augmentent de manière exponentielle pour les installations de faible puissance. Afin d'éviter un effet néfaste pour ces installations, il est proposé les modulations d'application suivante :

- **Ajournement pour les installations les plus anciennes** : Pour les installations dont la chaudière est âgée de 15 ans et plus, afin d'éviter un investissement important dans un traitement de fumées pour une durée de vie résiduelle faible de la chaudière, un ajournement de la date d'application est proposé permettant la mise en norme lors du remplacement de la chaudière.
- **Démarche qualité combustible / combustion** : Assouplissement temporaire (exemple : 5 ans) de la VLE applicable (exemple : 100 mg/Nm³ à 6% d'O₂), en cas de la mise en place d'une démarche qualité sur le combustible et la combustion. La démarche qualité sur le combustible pourra porter sur l'utilisation d'un combustible avec un taux de fines bas (inférieur à 3%). La démarche qualité sur la combustion pourra porter sur un montant minimum d'investissement pour améliorer la régulation de la combustion.
- **Modification VLE pour les petites installations** : Assouplissement de la VLE (exemple : 100 mg/Nm³ à 6% d'O₂) pour les installations comprenant une chaudière bois d'une puissance inférieure à 4 MW.
- **Mise à l'arrêt ponctuels** : Arrêt obligatoire de la chaudière biomasse en cas de pics de pollution, obligeant le recours à une énergie moins polluante.
- **Subventions** : Mise en place d'un dispositif d'aide pour la mise en place d'un système de traitement de fumées si les travaux sont réalisés avant la date limite d'application de la nouvelle réglementation sur les seuils d'émissions de particules.

Les solutions d'assouplissement des contraintes réglementaires pourront être proposées uniquement si les installations ne sont pas concernées par un PPA ou situé dans une zone géographique assujetti à des alertes pollutions.

Il convient également de mettre en avant que le développement d'installation de traitement de fumées nécessitera la formation du personnel d'exploitation afin de garantir le bon fonctionnement de ces équipements et l'obtention des performances attendues.

De même, nous préconisons la rédaction d'un guide méthodologique à destination des maîtres d'ouvrage, exploitants et bureau d'études pour la réalisation d'un diagnostic préalable à la mise aux normes des installations existantes.

Il existe de nombreuses dispositions permettant de faciliter cette transition réglementaire, et celles-ci ne doivent pas se limiter à ces quelques idées précédemment exposées.