Pour citer cet article : Cazier, Genevray, Dewaele, Vandenbilcke, Cachon, Leyssens (2018), Etude des émissions atmosphériques liées à la combustion de biomasse pour les chaudières inférieures à 300 kW, Congrès Français sur les Aérosols 2018, Paris

ETUDE DES EMISSIONS ATMOSPHERIQUES LIEES A LA COMBUSTION DE BIOMASSE POUR LES CHAUDIERES INFERIEURES A 300 KW.

F. Cazier[1], P. Genevray[1], D. Dewaele[1], C. Vandenbilcke[1], B. Cachon[1] et G. Leyssens[2]

[1]Centre Commun de Mesures, Université du Littoral Côte d'Opale, 59140 Dunkerque, France
[2]Laboratoire Gestion des Risques et Environnement, Université de Haute Alsace, 68100 Mulhouse, France
*Courriel de l'orateur : cazier@univ-littoral.fr

TITLE

Atmospheric emissions of small biomass boilers in real conditions

ABSTRACT

The study concerns the characterization of the emissions, in real situation, of nine small multifuel boilers (<300 kW). The boilers studied mostly belong to town halls and farms and use locally produced wood chips. Analyzes were carried out on fuels, particulate and gaseous emissions as well as on ash. This type of detailled analytical characterization is only very poorly documented in real situations and even less in small installations. Analyzes on a test platform were also carried out on fuels in order to compare the results.

RESUME

L'étude, réalisée porte sur la caractérisation, en situation réelle, des émissions de neuf petites chaudières polycombustible (<300 kW). Les chaufferies étudiées appartiennent en majorité à des mairies et des exploitations agricoles et utilisent des plaquettes forestières ou bocagères produites localement. Des analyses ont été réalisées sur les combustibles, les émissions particulaires et gazeuses ainsi que sur les cendres. Ce type de caractérisation analytique fine n'est que très peu documenté en situation réelle et encore moins sur des petites installations. Des tests en plateforme d'essai ont également été réalisés sur les combustibles afin de comparer les résultats.

KEYWORDS: combustion, biomass, real condition / **MOTS-CLES :** combustion, biomasse, condition réelle

1. INTRODUCTION

L'étude, réalisée entre 2015 et 2017, porte sur la caractérisation des émissions de la biomasse par des chaudières polycombustible de puissance inférieure à 300 kW dont l'installation a été financée par l'Ademe et la Région Nord Pas de Calais. Elle a été réalisée en situation réelle sur neuf installations utilisant des plaquettes forestières ou bocagères produites localement. Les chaufferies étudiées appartenaient en majorité à des mairies et des exploitations agricoles. Des analyses ont été réalisées sur les combustibles, les émissions particulaires et gazeuses ainsi que sur les cendres. La caractérisation des émissions atmosphériques portait aussi bien sur des paramètres tels que la granulométrie et la quantité d'aérosols émis que sur des analyses plus fines de HAP, métaux etc.
Ce type de caractérisation fine n'est que très peu documenté en situation réelle et encore moins sur de petites installations. La plupart des études sont en général réalisées en plateforme d'essai durant des phases de fonctionnement bien établies au régime nominal, c'est-à-dire dans des conditions optimisées de combustion et avec des combustibles normés.
Afin de pouvoir comparer les résultats obtenus à ceux que l'ont aurait dans ces conditions idéales, cinq des combustibles testés en situation réelle ont ensuite été étudiés en plateforme d'essai afin de déterminer l'influence des conditions de fonctionnement sur la qualité des émissions.

2. METHODE

2.1. Choix des installations

Sur la base des données fournies par l'Ademe, quarante exploitants de chaufferies biomasse répartis dans tous le Nord Pas de Calais ont été contactés. La majorité des exploitants étaient constitués de mairies et d'exploitants agricoles. Leurs réponses à un questionnaire et les informations recueillies sur les installations ont permis de sélectionner vingt sites potentiellement adaptés à l'étude qui ont fait l'objet d'une visite. Sur ces vingt sites, seulement neuf ont pu faire l'objet de mesures en raison des contraintes associées aux prélèvements prévus :

- le site devait être suffisamment sécurisé pour pouvoir y laisser jour et nuit le matériel de prélèvement et d'analyse
- la conduite d'évacuation de la chaudière devait être accessible dans des conditions de sécurité acceptables

DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2018-12582

- la conduite devait pouvoir devenir instrumentable car aucun point de prélèvement adapté n'est prévu sur des installations de cette taille, les chauffagistes utilisant en général la trappe de régulation d'air pour vérifier la qualité de la combustion à l'occasion des entretiens annuels

Les campagnes de mesure ont été organisées en fonction des disponibilités des exploitants durant les périodes hivernales entre 2015 et 2017.

Quasiment toutes les installations visitées utilisent des plaquettes forestières ou bocagères comme combustible. Celles-ci sont en général produites directement par les agriculteurs qui fournissent les mairies situées à proximité.

Tableau 1. Caractéristiques des chaudières des différents sites retenus pour l'étude

Référence du site	Chaudière (Puissance nominale et classe *)	Mise en service	Diamètre intérieur de conduite	Combustible	Cuve tampon	Utilisation	Installations desservies
MA1	80 kW classe 3	oct-13	250 mm	Plaquettes bocagères	non	Chauffage	Groupe scolaire, cantine
PA2	35 kW classe 3	nov-07	150 mm	Plaquettes bocagères	820 litres	Chauffage + eau chaude	1 habitation
EC3	60 kW classe 5	juin-14	250 mm	Plaquettes forestières	1500 litres	Chauffage + eau chaude	1 habitation, élevage de veaux
MA4	110 kW classe 3	fév-14	200 mm	Plaquettes bocagères	non	Chauffage	Mairie, salle des fêtes, presbytère
MA5	2 x 150 kW classe 5	janv-16	250 mm	Plaquettes forestières	2 x 2500 litres	Chauffage	Mairie, salle des fêtes, 1 habitation, école, salle polyvalente, presbytère
EA6	30 kW classe 5	2013	150 mm	Plaquettes forestières	non	Chauffage + eau chaude	laiterie, maison
PC7	50 kW classe 3	2010	200 mm	Plaquettes bocagères	1600 litres	Chauffage + eau chaude (300 l)	600 m2 dont 5 chambres d'hôte
PC8	70 kW classe 3	déc-09	200 mm	Plaquettes bocagères et forestières	non	Chauffage + eau chaude	2 habitations, 1 bureau
MH9	150 kW classe 3	sept-13	200 mm	Plaquettes forestières	non	Chauffage	Mairie, école, salle polyvalente, 3 logements locatifs

* selon norme EN 303.5 :2012

2.2. Préparation des prélèvements

Afin de ne pas endommager les conduits d'évacuation des fumées des chaudières investiguées, des portions de conduites identiques à celles présentes sur les diverses installations, aux endroits appropriés pour les prélèvements, ont été achetées. Aucune des chaudières n'ayant tout à fait la même configuration (diamètre et longueur des portions de conduite), il a fallu approvisionner presque autant de portion de conduite que de chaudière étudiée. Celles-ci ont ensuite été percées et équipées afin d'accueillir les différents point de piquages nécessaires aux prélèvements prévus. Lors de campagnes de prélèvement, les portions de conduite préparées ont été installées à la place de leur homologue sur le conduit d'évacuation. Selon la configuration des chaufferies et la place disponible dans celles-ci, les prélèvements étaient soit réalisés en toiture soit à l'intérieur des chaufferies.

2.3. Paramètres étudiés

Lors de chaque intervention, du combustible a été prélevé dans la soute d'alimentation de la chaudière afin d'en réaliser la caractérisation (humidité, taux de cendres, PCI, analyse élémentaire C,H,N,S,O, métaux, fluor et chlore).

Les gaz de combustion ont été prélevés dans la conduite d'évacuation de la chaudière puis acheminés via un filtre et une ligne chauffée jusqu'à une baie d'analyseurs de gaz de combustion (CO/CO_2, O_2, SO_2, NO_x, hydrocarbures totaux, non méthaniques et méthaniques (HCT, HCnm, HCm).

DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2018-12582

Les analyseurs ont été étalonnés sur site au début de chaque campagne à l'aide de mélanges standards certifiés. Les mesures ont ensuite été réalisées en continu pendant 24 à 48 heures.Des prélèvements isocinétiques de particules, de HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) et de métaux ont été réalisés ainsi que des prélèvements non isocinétiques de HF/HCl. Un suivi de la pression, de la température et de l'humidité des gaz de combustion était effectué en continu afin d'ajuster le débit de pompage nécessaire au respect de l'isocinétisme. Chaque prélèvement a été réalisé sur une durée de deux à trois heures afin de prendre en compte plusieurs cycles de fonctionnement de la chaudière (montée en régime, régime et pause). Les filtres ont été pesés pour un suivi gravimétrique des particules émises.
Des prélèvements par impaction ont également été effectués afin de déterminer les différentes fractions particulaires (PM_{10}, $PM_{2.5}$, PM_1 et $PM_{<1}$) présentes dans les rejets.

La collecte des cendres produites en 24 heures a également été effectuée lors de chaque intervention et leur teneur en éléments inorganiques a été analysée.

Des caractérisations similaires ont été réalisées lors des campagnes en plateforme d'essai.

3. RESULTATS ET CONCLUSION

3.1. Combustibles

Les PCI de six des neuf combustibles réels sont conformes aux spécifications de la norme NF EN 303-5:2012 (≥ 17 MJ/kg). Les trois autres ont un PCI de l'ordre de 15 MJ/kg. Comparée à la norme, l'humidité des combustibles étudiés est inférieure à celle préconisée pour des combustibles d'essai de type copeaux de bois (20 à 30 %) pour six des neuf installations avec des valeurs allant de 11,4 à 22,6 %. La majorité des combustibles étudiés (6/9) présente des taux de cendres respectant les préconisations de la norme pour les combustibles d'essai (< 1,5% pour les plaquettes). Les trois autres ont des taux de cendres compris entre 2 et 3,6 %. Les pourcentages de carbone et hydrogène déterminés pour les combustibles étudiés en situation réelle sont en accord avec les valeurs de la littérature (Parikh et *al*. (2005) ; Koukouzas et *al*. (2007)), excepté pour trois d'entre eux qui présentent des valeurs plutôt faibles en carbone (42%). Le fluor n'a été détecté dans aucun des échantillons de plaquettes (<20 mg/kg). Les taux de chlore mesurés dans les combustibles sont compris entre 394 et 789 mg/kg, les valeurs les plus élevées étant mesurées dans les combustibles provenant des zones les plus proches de la mer.

3.2. Emissions atmosphériques

La qualité de la majorité des combustibles d'essai est correcte par rapport aux spécifications de la norme EN 303.5.
En plateforme d'essai, on constate que les résultats des cinq lots de plaquettes sont homogènes pour ce qui est de la concentrations des gaz de combustion O_2 (15-16%), CO_2 (5-6%), CO (690-1353 ppm), NO (125-193 ppm), SO_2 (< 10-21 ppm). La teneur limite en CO est respectée avec des valeurs largement inférieures à 3000 ppm en plateforme d'essai. Seule une installation présente en dépassement en CO en situation réelle sachant que l'on considère la concentration moyenne mesurée sur l'ensemble de l'essai (entre 24 et 48 heures). Durant cette période, on mesure aussi bien les phases de fonctionnement les plus émissives (redémarrage et mise en veille) que les phases nominales moins émissives où la chaudière fonctionne à plein régime avec des conditions de combustion bien établies et les phases de veille plus ou moins prolongée. La concentration en HCT est inférieure à 100 ppm pour 4 des 5 lots en plateforme, tandis qu'en situation réelle les résultats sont plus contrastés et dépendent fortement des conditions d'utilisation et du dimensionnement de la chaudière par rapport aux besoins.
La classe granulométrique majoritaire des particules (plus de 80%) est constituée par les PM<1 que ce soit en situation réelle ou en plateforme d'essai. Les concentrations totales en PM sont assez homogènes pour toutes les installations et ne semblent pas liées à la puissance des installations.
L'exploitation fine des résultats de l'étude est encore en cours.

Ce travail a été soutenu par l'Ademe Nord Pas de Calais sous la subvention 1436C0138

Parikh J., Channiwala S.A., Ghosal G.K. (2005) Fuel 84, 5, 487-494
Koukouzas N., Hämäläinen J., Papanikolaou D., Tourunen A., Jäntti T. (2007) Fuel 86, 14, 2186-2193

DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2018-12582