



Oct.
2019

IMPACT DU RENOUVELLEMENT D'APPAREILS NON PERFORMANTS DE CHAUFFAGE DOMESTIQUE AU BOIS SUR LES EMISSIONS DE PARTICULES

CARVE - Mesures à l'émission
réalisées *in situ* dans la vallée de l'Arve

SYNTHESE

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Energie

En partenariat avec :



REMERCIEMENTS

Comité de suivi

Isabelle AUGEVEN-BOUR (ADEME), Azadeh MARZIN (ADEME), Chloé CANUEL (MTES), Pauline CAER (SM3A), Patrick CONVERSET (Confédération des Ramoneurs Savoyards), Jean-François POUDENAS (Confédération des Ramoneurs Savoyards), Serge COLLET (INERIS)

Contrôle Qualité

Rédaction : Serge COLLET (INERIS)

Vérification : Isaline FRABOULET (INERIS)

Approbation : Marc DURIF (INERIS)

CITATION DE CE RAPPORT

INERIS, 2019. Impact du renouvellement d'appareils non performants de chauffage domestique au bois sur les émissions de particules – Projet CARVE. Synthèse ADEME. 12 pages.

Cet ouvrage est disponible en ligne www.ademe.fr/mediatheque et www.ineris.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'œuvre 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
20, avenue du Grésillé
BP 90406 - 49004 Angers Cedex 01

Numéro de contrat : 1462C0003

Référence INERIS : DRC-19-146451-03830A

Étude réalisée par l'INERIS, projet cofinancé par l'ADEME et le MTES

Projet de recherche coordonné par : Serge COLLET, Ingénieur - Direction des Risques Chroniques – Caractérisation des émissions atmosphériques et aqueuses

Coordination technique - ADEME : Isabelle AUGEVEN-BOUR ingénieur - Direction Ville et Territoire Durable - Service Qualité de l'Air



RÉSUMÉ

Le projet CARVE a pour objectif d'apporter des éléments permettant de mieux cerner l'efficacité de l'opération pilote de modernisation du parc d'appareils de chauffage individuel fonctionnant au bois dans la vallée de l'Arve. Cette opération (fonds air-bois), co-financée par l'ADEME et les collectivités, a débuté en 2013 dans l'objectif de réduire la pollution aux particules fines liée à l'utilisation de chauffage domestiques au bois non performants.

Ce projet vise à évaluer l'impact, sur les émissions de particules, du remplacement d'un appareil indépendant de chauffage au bois non performant par un appareil récent labélisé Flamme Verte ou équivalent. Cet impact est évalué par la réalisation de mesurages à l'émission, *in situ*, avant et après renouvellement de l'appareil.

Les essais sont menés directement chez les particuliers, en prenant en compte les conditions de fonctionnement des appareils en usage réel en termes d'allures de fonctionnement, d'essences et d'humidité du bois, de charge du foyer, de tirage, etc.

Les mesures ont été réalisées sur 35 sites, comprenant 19 remplacements par des appareils à bûches et 16 par des appareils à granulés.

Pour la réalisation du projet, l'INERIS s'est appuyé sur deux partenaires :

- la Confédération des Ramoneurs Savoyards, en charge des mesurages à l'émission, les opérateurs, membres de cette Confédération, ayant été formés au préalable par l'INERIS,
- le Syndicat Mixte d'Aménagement de l'Arve et de ses Abords (SM3A), en charge de la présélection des sites d'essais.

Des mesurages de qualité de l'air intérieur avant et après renouvellement des appareils ont été également réalisés dans le cadre d'un autre projet, QAI Arve. L'intervention sur site était commune aux deux projets.

Les résultats obtenus nous éclairent sur l'impact du renouvellement des appareils sur les émissions de polluants et les rendements. Lors du remplacement d'un appareil ancien par un appareil récent, les gains de rendement et les réductions des émissions polluantes (estimées à partir des concentrations en polluants ramenées à 13 % d'O₂) obtenus sont en moyenne* les suivants :

- Lors du renouvellement d'un appareil ancien par un appareil à bûches récent :
 - o Rendement : gain de 16 points ;
 - o CO : réduction de 41 % des émissions ;
 - o Particules totales : réduction de 57 % des émissions ;
- Lors du renouvellement d'un appareil ancien par un appareil à granulés :
 - o Rendement : gain de 34 points ;
 - o CO : réduction de 87 % des émissions ;
 - o Particules totales : réduction de 44 % des émissions.

L'augmentation des rendements observée va permettre aux particuliers de réduire leurs consommations de bois pour une quantité d'énergie délivrée équivalente. Outre un gain financier lié à l'achat du combustible, cette moindre consommation de bois contribue à réduire les émissions de polluants.

Enfin, nos résultats mettent en évidence que le renouvellement d'un appareil est une condition nécessaire mais pas suffisante pour réduire les émissions polluantes : d'autres facteurs tels que le dimensionnement de l'appareil, les pratiques (usage d'allures très réduites, de bois humides, etc.) ou encore l'entretien de l'appareil jouent également un rôle important.

* les gains par rapport aux valeurs médianes sont indiqués dans le corps du texte, ils ne font pas apparaître de valeurs très significativement différentes : ils ne sont donc pas reportés dans le résumé, ni dans la conclusion



ABSTRACT

The purpose of this project in the Arve Valley is to provide new data to better understand the effectiveness of the pilot operation, taking place in this valley to modernize the domestic wood heating appliances park.

The aim of this project is to assess the impact on particle emissions of the replacement of old wood heating appliances by efficient wood burning stoves. This impact is evaluated by performing measurements, on site, before and after renewal of the appliance.

The tests are conducted directly at home, taking into account the real operating conditions of appliances in terms of performance, wood species and moisture, load of wood, stack draft, etc. 35 sites including 19 renewals with log devices and 16 with pellets devices have been investigated.

For the project, INERIS worked with two partners :

- The confederation of savoyards chimney swept, in charge of emission measurements, whole operators, members of this Confederation, had been trained by INERIS ;
- The Syndicat Mixte d'Aménagement de l'Arve et de ses Abords (SM3A), in charge of preselecting test sites.

Indoor air quality measurements before and after device renewal were also carried out as part of another project, the QAI Arve project. There has been common site interventions for both projects).

The results obtained provide information on the impact of device replacement on pollutant emissions and yields. When an old appliance is replaced by a recent appliance, efficiency gains and reductions in pollutant emissions (observed from pollutant concentrations down to 13 % O₂) are on average* :

- When changing an old appliance with a recent log appliance :
 - o Energy efficiency : gain of 16 points ;
 - o CO : 41 % reduction ;
 - o Particles matter : 57 % reduction ;
- When renewing an old appliance with a pellet appliance :
 - o Energy efficiency : gain of 34 points ;
 - o CO : 87 % reduction ;
 - o Particles matter : 44 % reduction.

The increase in yields observed will allow users to reduce their wood consumption for an equivalent amount of energy delivered. In addition to a financial gain from the purchase of fuel, this lower consumption of wood contributes to the reduction of pollutant emissions.

Finally, our results show that the replacement of a device is a necessary but not sufficient condition to reduce pollutant emissions : other factors such as the dimensioning of the device, the practices or the maintenance of the device also play an important role.

*the gains in relation to the median values are indicated in the body of the text, they do not show very significantly different values : they are therefore not reported in the summary nor in the conclusion

1. Contexte

Les mesures de la qualité de l'air effectuées dans la vallée de l'Arve (41 communes, environ 150 000 habitants) en Haute-Savoie montrent régulièrement des dépassements des seuils autorisés pour les particules fines en suspension (PM₁₀). Dans cette vallée, la source « combustion de la biomasse » (chauffage au bois domestique et brûlage à l'air libre des déchets verts) est dominante pour les concentrations en particules en hiver, contribuant en moyenne entre 60 et 70 % de leur masse¹.

S'agissant du chauffage au bois domestique, l'utilisation d'appareils vétustes est reconnue comme un des facteurs générateurs de fortes émissions de polluants. Le premier Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) de la Vallée de l'Arve (2012 – 2018) a pris des dispositions pour réduire les émissions de particules. Une opération pilote « fonds air bois », consistant en la mise en place d'un fonds d'aide aux particuliers pour la modernisation du parc d'appareils de chauffage individuel au bois, a notamment été créée. Elle est portée par l'Etat et est financée à 50 % par l'ADEME et à 50 % par les collectivités : le Conseil Régional Auvergne Rhône-Alpes, le Conseil Départemental de Haute-Savoie et les communautés de communes de la zone. L'animation du dispositif est assurée par le Syndicat mixte d'aménagement de l'Arve et de ses abords (SM3A). Cette opération vise à aider financièrement les particuliers pour substituer leurs cheminées (foyers ouverts) ou leurs anciens appareils de chauffage au bois non performants (antérieurs à 2002) par des appareils de chauffage au bois à bûches ou à granulés de performances équivalentes à celles requises par le label Flamme verte.

2. Objectifs

Le projet CARVE a pour objectif d'apporter des éléments permettant de mieux cerner l'efficacité de l'opération pilote « Fonds Air Bois » de modernisation du parc d'appareils de chauffage individuel fonctionnant au bois dans la vallée de l'Arve qui a débuté en 2013.

Ce projet vise à évaluer l'impact sur les émissions de particules, du remplacement d'un appareil indépendant de chauffage au bois non performant par un appareil récent labélisé Flamme Verte ou équivalent. Cet impact est évalué par la réalisation de mesurages à l'émission, *in situ*, avant et après renouvellement de l'appareil.

Il permet également de mieux connaître, dans des conditions de fonctionnement en usage réel, les performances des appareils réputés les plus performants, équivalent à minima au label Flamme verte 7 étoiles, lorsqu'ils fonctionnent à d'autres allures et dans d'autres conditions que celles mesurées selon la norme NF EN 16510². En effet les mesures ont été réalisées *in situ*, en laissant les particuliers utiliser leur foyer dans les conditions habituelles.

A compter de 2016, le projet QAI Arve est venu compléter le projet CARVE avec des mesurages de qualité de l'air intérieur chez les particuliers volontaires avant et après renouvellement des appareils (intervention sur site commune aux deux projets).

3. Méthodologie

Les essais sont menés directement chez les particuliers, avant et après le remplacement des appareils anciens par des appareils de nouvelle génération, en prenant en compte les conditions de fonctionnement des appareils en usage réel en termes d'allures de fonctionnement, d'essences et d'humidité du bois, de charge du foyer, de tirage, etc.

¹ Jaffrezo JL, Besombes JL, Marchand N, Mocnik G, Brulfert G, Chevrier F, Bertrand A, Jezek I., and Allard J. 2018. DEconvolution de la contribution de la COMbustion de la BIOmasse aux particules dans la vallée de l'Arve – projet DECOMBIO. 160 pages.

² Appareils de chauffage domestiques à combustion solide - Partie 1 : exigences générales et méthodes d'essai - Partie 2-6 : poêles, inserts et cuisinières à granulés de bois et à alimentation mécanique

3.1. Déroulement

Pour la réalisation du projet CARVE, l'INERIS s'est appuyé sur deux partenaires :

- Le Syndicat Mixte d'Aménagement de l'Arve et de ses Abords (SM3A), en charge de la présélection des sites d'essais. Dans le cadre de l'opération de renouvellement du parc d'appareils fonctionnant au bois dans la Vallée de l'Arve, le SM3A collecte les dossiers de demande d'aide des particuliers. Un certain nombre d'éléments contenus dans ces dossiers (type d'appareils remplacés, type des nouveaux appareils, combustibles utilisés, etc.) a été utilisé afin de recruter les particuliers volontaires ;
- La Confédération des Ramoneurs Savoyards, en charge des mesurages à l'émission dont les opérateurs, membres de cette Confédération, ont été formés au préalable par l'INERIS,

Le processus de recrutement de particuliers volontaires a été une étape primordiale dans la réalisation de ce projet. De nombreux ajustements (présentation du projet aux installateurs, dans le dossier de demande d'aide, versement de l'aide plus rapidement, etc.) ont été réalisés tout au long du projet afin, non seulement, d'encourager les particuliers à participer mais aussi de faciliter l'intervention des ramoneurs.

Toutes ces actions ont permis d'augmenter progressivement le taux de recrutement. Cependant, certaines difficultés ont persisté, liées par exemple à des démarrages prématurés des travaux (dépose de l'ancien appareil) ou tout simplement à joindre les particuliers afin de leur présenter le projet et leur proposer d'y participer.

Aussi du fait du faible taux de recrutement, les essais ont été menés durant 4 saisons de chauffe, de 2015 à 2019 pour constituer au bout du compte un **panel de 35 logements**.

3.2. Instrumentation

La multiplicité des sites et leur accessibilité limitée nécessitent que la caractérisation des émissions soit réalisée avec un matériel adapté et portable. Dans un bon nombre de cas, le matériel nécessite d'être mis en place au débouché du conduit en toiture.

L'analyseur PPS Pegasor a été retenu pour le mesurage des particules. Il peut être utilisé sur des périodes longues : le mesurage peut être par exemple démarré avant introduction des bûches dans le foyer et arrêté quand on le souhaite. Il effectue un comptage des particules et propose une estimation de la concentration massique en particules. Afin d'obtenir des résultats en masse, il nécessite donc d'être calibré par rapport à la méthode de prélèvement des poussières en masse (filtre et barboteur³) afin d'établir une corrélation. Celle-ci a été établie en faisant évoluer les caractéristiques de fonctionnement d'un appareil à bûches lors de deux séries de mesurages.

Elle n'a pas été vérifiée sur un appareil à granulés.

Compte tenu de fait que l'intervalle de confiance à 95 % associé à la méthode filtre et barboteur est de l'ordre de 20 à 30 %, l'incertitude associée à chaque résultat issu de la corrélation utilisée est élevée.

Dans le cadre du projet, un autre analyseur de combustion (Testo) a été utilisé afin de ramener les teneurs en particules mesurées à une teneur en O₂ de référence, ainsi que pour déterminer les concentrations en CO et CO₂. Ces mesurages ont été effectués toutes les 10 mn.

3.3. Détermination du rendement énergétique des appareils

Lors des essais, les rendements des appareils ont été estimés à partir de la formule de calcul de la norme NF EN 16510-1, en prenant en compte les résultats des mesurages suivants : humidité du bois, température des fumées, température ambiante, teneurs en CO et CO₂ des fumées, ainsi que les caractéristiques connues des essences de bois brûlés (hêtre essentiellement, pouvoir calorifique inférieur (PCI) : 18380 kJ/kg sec). Pour les granulés, les caractéristiques n'étant pas connues précisément, une humidité de 7 % et un pouvoir calorifique inférieur de 17774 kJ/kg sec ont été pris en compte.

3.4. Protocole de mesurage

L'humidité des bûches est mesurée lors de chaque intervention au moyen d'un conductimètre. Les bûches sont pesées avant introduction dans la chambre afin de déterminer des facteurs d'émission de polluants (non présentés dans cette synthèse).

³ Peren²Bois, 2012. Evaluation technico-économique des performances énergétiques et environnementales des meilleures techniques disponibles de réduction des émissions de poussières fines et de composés organiques pour les appareils de combustion domestiques utilisant la biomasse. Rapport INERIS : <http://www.ineris.fr/centredoc/peren2bois-1357814186.pdf>.

Les essais sont menés appareil chaud, après brûlage d'une charge de bois à minima.

Lors des essais sur site, les conditions de fonctionnement en usage réel des appareils sont utilisées. Il est demandé au particulier de faire fonctionner son foyer dans les conditions habituelles (charge, essence et humidité du bois, réglage des entrées d'air, etc.).

Les conditions de fonctionnement des installations sont recueillies par les ramoneurs lors de leurs interventions.

Les mesurages de particules au moyen de l'analyseur PPS sont effectués sur une période d'une heure minimum. Cette période est jugée suffisante pour brûler la charge introduite dans le foyer et établir des facteurs d'émission de polluants. Des relevés des teneurs en CO, CO₂ et O₂ sont effectués régulièrement (toutes les 10 mn) au moyen de l'analyseur Testo.

Les essais sont menés soit à la sortie du conduit (débouché à l'air libre), soit à la sortie du poêle (à environ 1 m, en remplaçant un tronçon de conduit existant par un tronçon de mesure équipé des perçages nécessaires à la réalisation des mesurages).

Compte tenu des contraintes opérationnelles liées à la réalisation d'essais chez les particuliers, un seul mesurage est réalisé par appareil testé.

3.5. Nombre de mesurages

35 couples de mesurages, avant / après renouvellement, dont 19 sur des appareils à bûches et 16 sur des appareils à granulés, sont exploités dans l'analyse des résultats.

Les nouveaux appareils installés chez les particuliers disposent du label Flamme Verte 7 étoiles à l'exception de deux appareils (FV 5*).

4. Principaux résultats obtenus

4.1. Caractéristiques des installations

Les appareils remplacés avaient été installés entre 1976 et 2002. L'âge moyen des appareils remplacés est de 27 ans (moyenne année d'installation : 1989).

4.2. Conditions de fonctionnement des appareils lors des essais

4.2.1. Essences de bois brûlées

Les essences de bois habituellement utilisés et brûlés par les particuliers sont les mêmes, avant et après le renouvellement des appareils. Il s'agit essentiellement de hêtre (64 % du total), de fruitiers (15 %), de charme (8 %), de chêne (5 %), de sapin (5 %) et de bois de récupération (bois massifs non adjuvantés - 3 %).

4.2.2. Humidité du bois utilisé (bûches uniquement) lors des essais

L'humidité du bois est en moyenne :

- ✓ De 14,0 % (médiane : 14 %) avant renouvellement ;
- ✓ De 12,5 % (médiane : 12,0 %) après renouvellement.

Ces valeurs mettent en évidence un bon séchage du bois. En effet, une très large majorité de particuliers stocke le bois au moins deux ans avant utilisation. Seul un particulier a utilisé du bois humide (28 % d'humidité) lors des essais.

4.2.3. Allures utilisées lors des essais

4.2.3.1. Pour les appareils à bûches

Au cours des essais, réalisés *in situ*, le choix a été fait de laisser les particuliers conduire leurs appareils selon leurs habitudes. Les conditions d'utilisation des appareils lors du projet CARVE ne sont donc pas forcément représentatives des usages des utilisateurs sur d'autres territoires.

Les tests sur les appareils à bûches ont été menés majoritairement à allure nominale. Ils reflètent un fonctionnement « jour », avec globalement assez peu d'allures réduites.



Les tests avant et après renouvellement ont globalement été réalisés à des allures assez similaires. Pris individuellement au niveau de chaque logement, l'allure a toutefois pu changer entre les campagnes avant et après renouvellement de l'appareil, du fait des conditions météorologiques régnant les jours des essais, de la conduite des appareils par les particuliers et des caractéristiques différentes des appareils installés, notamment en termes de puissance nominale. Cela a pu conduire à la réalisation d'essais à des allures bien plus réduites avant renouvellement qu'après ou inversement.

4.2.3.2. Pour les appareils à granulés

Peu d'informations sont disponibles sur l'allure de fonctionnement des appareils à granulés lors des essais du fait de leur mode de pilotage automatisé (programmation ou thermostat) mis en place par l'installateur. Dans un bon nombre de cas, le mode de fonctionnement de ces appareils lors des essais n'a pu être renseigné. Nous estimons toutefois à plus de deux tiers les appareils qui fonctionnent à allure intermédiaire ou nominale et à moins d'un tiers ceux qui fonctionnent à allure réduite (du fait de températures des fumées faibles et des excès d'air élevés).

4.2.4. Rendement énergétique des appareils lors des essais

Les rendements des appareils estimés *in situ* dans le cadre du projet s'élèvent à :

- ✓ 54 % pour les appareils anciens avant renouvellement. Ils sont relativement peu dispersés (compris pour la plupart entre 41 et 68 %) ;
- ✓ 70 % pour les appareils récents à bûches après renouvellement. Ils sont assez dispersés (compris pour la plupart entre 54 et 93 %). Quelques appareils présentent des excès d'air importants et des températures des fumées élevées qui font chuter les rendements ;
- ✓ 88 % pour les appareils à granulés après renouvellement. Ils sont peu dispersés (compris pour la plupart entre 79 et 96 %). Les plus faibles rendements sont obtenus lorsque ces appareils fonctionnent à allure réduite (faibles températures des fumées et forts excès d'air).

Cette augmentation des rendements est en lien avec l'amélioration de la qualité des appareils : qualité de la combustion et meilleure diffusion de la chaleur.

4.3. Teneurs en polluants

4.3.1. Teneurs en CO (monoxyde de carbone)

| | Tous les appareils (n=34) | 19 appareils | 16 appareils |
|----------------------|----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Avant renouvellement | 5988 (5805) | 5750 (5821) | 6288 (5557) |
| | Tous les appareils récents | Appareils récents à bûches (n=19) | Appareils récents à granulés (n=16) |
| Après renouvellement | 2190 (1670) | 3398 (2850) | 756 (520) |
| Réduction en % | 63 (71) | 41 (51) | 88 (91) |

Tableau 1 : Teneurs moyennes (médianes) en CO (en mg/m³ à 13 % d'O₂).

Le remplacement d'appareils anciens (27 ans de moyenne d'âge) par des appareils récents à bûches et à granulés conduit à une réduction importante des émissions de CO. Le gain est de 41 % en cas de remplacement par des appareils à bûches et de 88 % en cas de remplacement par des appareils à granulés.

4.3.2. Teneurs en particules totales (fractions solide et condensable)

Un tiers des appareils anciens représentent 79 % des émissions de particules totales.

| | Tous les appareils (n=30) | Appareils anciens à bûches (n=30) | |
|----------------------|----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Avant renouvellement | 947 (736) | 1039 (730) | 832 (753) |
| | Tous les appareils récents | Appareils récents à bûches (n=18) | Appareils récents à granulés (n=13) |
| Après renouvellement | 456 (369) | 447 (373) | 469 (350) |
| Réduction en % | 52 (50) | 57 (49) | 44 (54) |

Tableau 2 : Teneurs moyennes (médianes) estimées en particules totales (en mg/m³ à 13 % d'O₂).

Le remplacement d'appareils anciens (27 ans de moyenne d'âge) par des appareils performants récents à bûches et à granulés conduit à une réduction importante des émissions des particules totales, de l'ordre de 52 %. Le gain est de 57 % en cas de remplacement par des appareils à bûches et de 44 % en cas de remplacement par des appareils à granulés.

5. Conclusions / Perspectives

L'objectif de cette étude est de mieux cerner l'efficacité de l'opération de modernisation du parc d'appareils de chauffage individuel fonctionnant au bois dans la Vallée de l'Arve en termes d'amélioration de la qualité de l'air.

Les essais ont été menés *in situ* chez 35 particuliers, soit 19 renouvellements réalisés avec des appareils à bûches et 16 avec des appareils à granulés. Au cours des essais, chaque particulier gérait le fonctionnement de son appareil selon ses habitudes (charge introduite, essence de bois et humidité, gestion des entrées d'air et de l'allure notamment) afin de privilégier la représentativité des mesures réalisées dans des conditions de fonctionnement en usage réel des appareils.

Les résultats obtenus mettent en évidence que les concentrations en polluants (ramenées à 13 % d'O₂) **après renouvellement sont statistiquement inférieures** aux concentrations avant renouvellement. Ils nous éclairent sur l'impact du renouvellement des appareils sur les émissions de polluants et les rendements. Lors du renouvellement d'un appareil ancien (avant 2002) par un appareil performant labélisé Flamme verte 7 étoiles ou équivalent, les gains de rendement et les réductions des émissions polluantes sont en moyenne les suivants :

| Renouvellement par : | Rendement | CO | Particules totales |
|------------------------|-------------------|----------------|--------------------|
| Un appareil à bûches | Gain de 16 points | Baisse de 41 % | Baisse de 57 % |
| Un appareil à granulés | Gain de 34 points | Baisse de 88 % | Baisse de 44 % |

Tableau 3 : Gains de rendement et réduction des émissions polluantes observés en moyenne lors du renouvellement d'un appareil ancien par un appareil performant (valeurs estimées à partir des concentrations en polluants ramenées à 13 % d'O₂).

L'augmentation des rendements observée va permettre aux particuliers de réduire leurs consommations de bois pour une quantité d'énergie délivrée équivalente. **Outre un gain financier lié à l'achat du combustible, cette moindre consommation de bois contribue à réduire les émissions polluantes.**

Les résultats obtenus nous éclairent également sur les performances des appareils.



Pour les appareils anciens (27 ans de moyenne d'âge) :

- ✓ Les rendements de ces appareils sont de 54 % en moyenne (fourchette de valeurs allant de 41 à 68 %) ;
- ✓ Les niveaux d'émission en CO sont de l'ordre de 5890 mg/m³ à 13 % d'O₂ (Ic à 95 % : 5080-7000 ou en relatif ± 15 %) ;
- ✓ Les niveaux d'émission en particules totales sont de l'ordre de 950 mg/m³ à 13 % d'O₂ (Ic à 95 % : 680-1220 ou ± 28 %). Un tiers des appareils représentent 79 % des émissions de particules totales. Il s'agit d'appareils ayant des excès d'air importants avec de probables entrées d'air froid dans la chambre liées à une usure des joints ou à des déformations et à l'origine de la formation de particules, ou qui sont utilisés à des allures réduites ou très réduites. Ce constat met en évidence l'impact du vieillissement et/ou du manque d'entretien des appareils. L'excès d'air de ces appareils étant très élevé, une simple mesure d'O₂ permettrait de les identifier ;

Pour les appareils récents à bûches (17 FV 7*, 2 FV 5*) :

- ✓ Les rendements des appareils récents à bûches sont en moyenne d'environ 70 %. Les résultats obtenus sont cependant très dispersés (fourchette allant de 54 à 93 %) ;
- ✓ Les niveaux d'émission en CO : 3400 mg/m³ à 13 % d'O₂ environ (Ic à 95 % : 2360-4440 ou ± 31 %) ;
- ✓ Les niveaux d'émission en particules totales (450 mg/m³ à 13% d'O₂, Ic à 95 % : 400-600 ou ± 33 %) sont globalement bien plus faibles que ceux des appareils anciens à bûches ;

Pour les appareils à granulés :

- ✓ Les rendements des appareils à granulés sont d'environ 88 %, soient 18 points supérieurs à ceux des appareils à bûches. Les résultats obtenus sont assez homogènes ;
- ✓ Les niveaux d'émission en CO : 760 mg/m³ à 13 % d'O₂ (Ic à 95 % : 340-1180 ou ± 55 %). Ces niveaux sont également bien plus faibles que ceux des appareils récents à bûches ;
- ✓ Les niveaux d'émission de particules totales des appareils à granulés sont du même ordre de grandeur que ceux des appareils récents à bûches (470 mg/m³ à 13 % d'O₂, Ic à 95 % : 280-660 ou ± 40 %). Ces valeurs relativement élevées pourraient provenir d'une utilisation fréquente de ces appareils à allure réduite. La puissance nominale utile des appareils à granulés installés dépasse la puissance nominale utile des appareils qu'ils remplacent. Un dimensionnement prenant en compte les rendements élevés de ces appareils est indispensable afin que l'utilisateur n'ait recours trop fréquemment à des allures réduites. Du fait d'un mode de pilotage automatisé de ces appareils, leur allure de fonctionnement n'a pas pu être relevée précisément lors des essais.

Les niveaux d'émissions de particules pour les appareils à granulés sont entachés d'une incertitude plus importante que ceux obtenus pour les appareils à bûches. Leurs émissions sont en effet estimées au moyen d'une corrélation établie à partir des émissions des appareils à bûches. Cette incertitude, non connue, n'est pas prise en compte dans l'intervalle de confiance indiqué précédemment.

Enfin, les résultats obtenus dans cette étude confirment qu'il ne suffit pas de disposer d'un appareil performant pour limiter les émissions de polluants liées à la combustion du bois : le dimensionnement de l'appareil par rapport au logement dans lequel il est installé et les pratiques d'utilisation ont également une importance capitale⁵.

Il a par exemple été mis en évidence lors de nos essais, l'impact important sur les émissions :

- ✓ De l'humidité du bois : un bois à 28 % d'humidité engendre 4 fois plus d'émissions de CO qu'un bois à 14 % d'humidité ;
- ✓ De l'allure d'utilisation : à allure très réduite, un appareil peut émettre 15 fois plus de particules qu'à allure nominale ;
- ✓ Du manque d'entretien : les appareils anciens les plus émetteurs de particules sont ceux qui présentent des entrées d'air non maîtrisées probablement liées à une usure des joints ou des déformations.

⁴ Ic : intervalle de confiance à 95 %

⁵ Synthèse des études à l'émission réalisées par l'Ineris, 2018. Note de synthèse INERIS : <https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/DRC-17-164787-10342A.pdf>

L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Elle met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale. L'Agence aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, les économies de matières premières, la qualité de l'air, la lutte contre le bruit, la transition vers l'économie circulaire et la lutte contre le gaspillage alimentaire.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de la Transition Ecologique et Solidaire et du ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

<https://www.ademe.fr/>

LES COLLECTIONS DE L'ADEME



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 un regard.



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



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

IMPACT DU RENOUVELLEMENT D'APPAREILS NON PERFORMANTS DE CHAUFFAGE DOMESTIQUE AU BOIS SUR LES EMISSIONS DE PARTICULES

Ce projet apporte des éléments permettant de mieux cerner l'efficacité de l'opération Fonds Air Bois de la Vallée de l'Arve. Cette opération pilote vise à aider financièrement les particuliers pour remplacer leurs anciens appareils de chauffage au bois par des appareils de chauffage à bûches ou à granulés ayant des performances équivalentes à celles requises par le label Flamme Verte.

Les essais ont été menés *in situ*, chez des particuliers dans des conditions réelles de fonctionnement des appareils. Les mesures ont été réalisées dans une trentaine de logements avant et après changement de l'appareil.

Les résultats du projet CARVE éclairent sur l'impact du renouvellement des appareils sur les émissions de polluants et sur les rendements. Lors du renouvellement d'un appareil ancien par un appareil récent performant, les réductions des émissions particulaires estimées sont en moyenne de 57 % lors du remplacement d'un appareil ancien par un appareil à bûches récent et de 44 % lors du remplacement par un appareil à granulés. L'augmentation des rendements énergétiques (respectivement 16 et 34 points) va permettre de réduire les consommations de bois pour une quantité d'énergie délivrée équivalente. Outre un gain financier lié à l'achat du combustible, cette moindre consommation de bois contribue également à réduire les émissions polluantes.

Enfin, les résultats obtenus confirment qu'il ne suffit pas de disposer d'un appareil performant pour limiter les émissions de polluants : le dimensionnement de l'appareil par rapport au logement dans lequel il est installé, les pratiques d'utilisation ainsi que l'entretien de l'appareil ont également une importance capitale.

Lors du renouvellement d'un appareil ancien par un appareil récent performant, les réductions des émissions particulaires estimées sont en moyenne de 57 % lors du remplacement d'un appareil ancien par un appareil à bûches récent et de 44 % lors du remplacement par un appareil à granulés, l'augmentation des rendements énergétiques de respectivement 16 et 34 points.

Cependant, il ne suffit pas de disposer d'un appareil performant pour limiter les émissions de polluants : le dimensionnement de l'appareil par rapport au logement dans lequel il est installé, les pratiques d'utilisation ainsi que l'entretien de l'appareil ont également une importance capitale.

