

Projet BIOFLUX

ASSOCIATION D'UN APPAREIL BIOMASSE ET D'UNE VENTILATION DOUBLE-FLUX

Date : 18/06/2015

Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par : Aldes Aéraulique et SUPRA SA
N° de contrat : 1201C0057

Coordination technique : *Labaume Damien & Grelier Olivier*
Direction Productions et Energies Durables
Service Bioressources



SYNTHESE

En français :

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 la 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.

En anglais :

Any representation or reproduction of the contents herein, in whole or in part, without the consent of the author(s) or their assignees or successors, is illicit under the French Intellectual Property Code (article L 122-4) and constitutes an infringement of copyright subject to penal sanctions. Authorised copying (article 122-5) is restricted to copies or reproductions for private use by the copier alone, excluding collective or group use, and to short citations and analyses integrated into works of a critical, pedagogical or informational nature, subject to compliance with the stipulations of articles L 122-10 – L 122-12 incl. of the Intellectual Property Code as regards reproduction by reprographic means.

1. Contenu

Résumé	4
1. Contexte du projet.....	5
1.1. Enjeux économiques.....	5
1.2. Enjeux environnementaux.....	5
1.3. Originalité du projet.....	5
2. Principaux résultats obtenus	7
2.1. Résultats de la phase de Simulations	7
2.1.1. Solutions de captage de l'énergie.....	7
2.1.2. Solutions de distribution de l'énergie.....	8
2.1.3. Impact des solutions choisies sur le bâtiment.....	9
2.2. Prototypage et expérimentation	10
2.2.1. Résultats thermiques.....	10
2.2.2. Résultats acoustiques	11
2.2.3. Résultats de QAI.....	11
3. Conclusions / Perspectives	12
Sigles et acronymes	13

Résumé

Ce projet de recherche, conduit par les entreprises ALDES Aéraulique et SUPRA SA, avait pour but de proposer des solutions novatrices en termes de techniques de diffusion d'air adaptées à la problématique des bâtiments à très haute efficacité énergétique équipés d'un système de chauffage type poêle à bois, ou foyer fermé et d'une ventilation double flux.

L'objectif du projet est d'assurer la bonne association d'un système de chauffage à bois (type poêle) et d'un système de ventilation double flux assurant à la fois l'apport d'air neuf et la répartition de l'air chaud récupéré autour du poêle vers les pièces les plus froides.

Une des principales difficultés de ce système est de récupérer efficacement de la chaleur convective issue de l'appareil indépendant. En effet, la collecte classique par canalisation d'air autour du corps de chauffe est très peu utilisée sur des poêles (aussi bien à bûches qu'à granulés) pour des raisons d'esthétique. Différents collecteurs ont été imaginés, simulés et prototypés. Ils ont été installés sur un chantier expérimental pour en valider l'efficacité estimée en simulation numérique.

Une attention particulière a été apportée à la maîtrise de la température de l'air collectée en amont du caisson VMC double flux afin d'éviter les pics de température lié au cycle de combustion de l'appareil à bûches.

Concernant la distribution de l'énergie dans les pièces principales, nous avons développé un caisson de distribution permettant d'amener l'énergie dans les pièces en demande et d'insuffler l'air neuf de ventilation dans toutes les pièces.

En complément de cette mise au point, une phase du projet avait pour objectif de mesurer la qualité de l'air intérieur (QAI) et d'observer l'impact des solutions de distribution d'air chaud sur la production et la dissémination des polluants de l'air intérieur.

Dans ce cadre, nous avons fait appel au LERMAB (Laboratoire d'Etudes et de Recherches sur le MATériau Bois - Epinal) qui nous a mis à disposition du matériel de mesures et qui a effectué les analyses des échantillons prélevés sur le chantier.

Sur l'ensemble des polluants prélevés, à savoir dérivés carbonylés, BTEX, COV, HAP, paramètres de confort et particules fines, il apparaît que les concentrations obtenues sont très faibles et ne présentent pas de différence significative entre le prélèvement effectué avec et sans fonctionnement de l'appareil de chauffage au bois en parallèle du fonctionnement du système de ventilation mécanique contrôlée.

A la vue des performances obtenues, un concept similaire va être commercialisé.

1. Contexte du projet

Dans le cadre de la réduction de l'émission des gaz à effet de serre et de la lutte contre le réchauffement climatique, la réglementation thermique RT2012 a pour objectif de limiter la consommation d'énergie primaire des bâtiments neufs à un maximum de 50 kWh EP/(m².an) en moyenne.

Pour les bâtiments d'habitation à haute performance énergétique, les besoins en chauffage sont désormais très faibles, de l'ordre de 10 à 15 W/m². Dans ces conditions, le vecteur air à lui seul peut être utilisé comme vecteur énergétique pour le chauffage des locaux ; les débits d'air chaud nécessaires sont alors proches des débits d'air hygiénique réglementaires.

De leur côté, les poêles à bois ont aujourd'hui des puissances adaptées aux maisons basse consommation. De plus, l'air de combustion est pris directement à l'extérieur donc sans perturbation avec la ventilation réglementaire.

1.1. Enjeux économiques

La ventilation est un poste important dans le bilan des consommations « chauffage » car les déperditions surfaciques et linéiques étant réduites à leur plus simple expression, reste à traiter les déperditions par renouvellement d'air.

Deux solutions s'imposent pour respecter un objectif BBC ou RT 2012 : une ventilation économique soit une VMC double-flux avec récupérateur sur air extrait, soit une VMC simple flux hygro-réglable B, ... Les moteurs de ventilations devant, en plus, être de type basse consommation pour ne pas pénaliser la consommation du poste dit « auxiliaires ».

Les maisons BBC sont très souvent équipées d'une ventilation double flux performante capable de véhiculer sur l'air la puissance nécessaire pour chauffer une maison, il devient donc intéressant de se préoccuper et d'optimiser l'association d'un appareil biomasse et d'une ventilation double flux pour améliorer les performances environnementales et énergétiques de l'ensemble.

1.2. Enjeux environnementaux

Pour définir les enjeux environnementaux de ce projet, nous avons réalisé des calculs avec la réglementation thermique RT2012. Deux calculs ont été réalisés (Tableau 1) :

- Cas 1 : chauffage gaz + chauffe-eau solaire avec appoint gaz + ventilation hygro B
- Cas 2 : chauffage bois + chauffe-eau solaire avec appoint électrique + double-flux

	Cep (kWh _{ep} /m ² .an)						GES (kg éq CO ₂ /m ² .an)
	Chauffage	ECS	Eclairage	Distribution	Ventilation	Total	
Cas 1	33,2	10,8	4,5	4,5	1,6	54,6	9
Cas 2	27,5	16	4,5	0	6,1	54,2	1

Tableau 1 : Calculs RT2012

Ces calculs mettent en évidence un gain de consommation sur le chauffage de l'ordre de 20% (27,5 kWh_{ep}/m² au lieu de 33,2) par rapport à une solution traditionnelle au gaz. Le gain sur les gaz à effet de serre (GES) est très important avec une réduction par 9 de la production de GES.

1.3. Originalité du projet

Ce projet a eu pour but d'assurer la bonne association d'un système de chauffage à bois (type poêle) et d'un système de ventilation double flux assurant à la fois l'apport d'air neuf et la répartition de l'air chaud récupéré autour du poêle vers les pièces les plus froides.

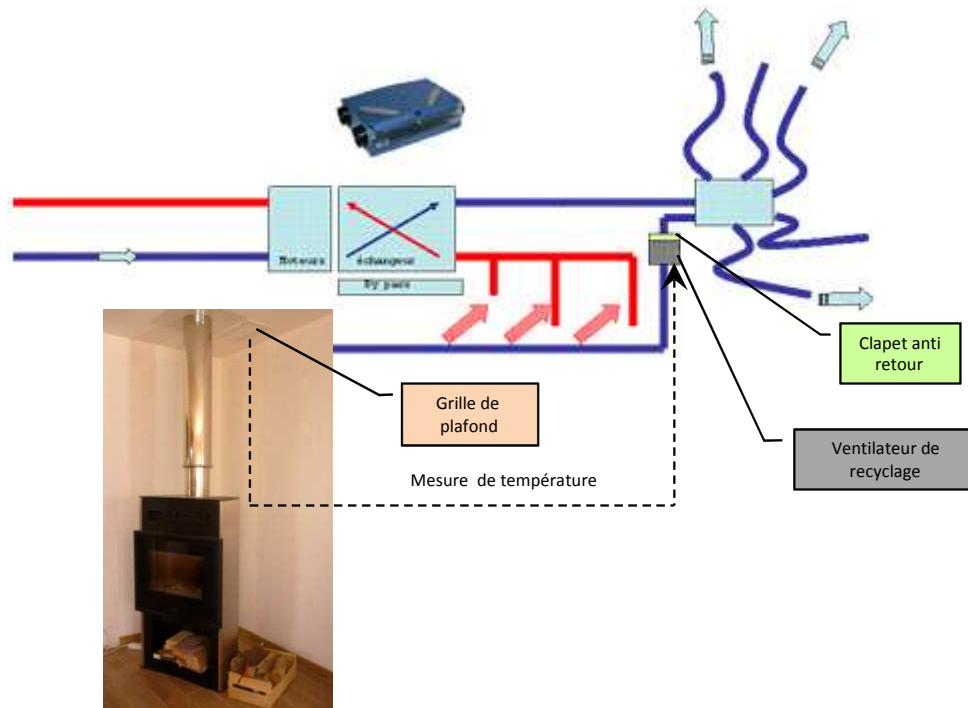


Figure 1: Schéma de principe

Une des principales difficultés de ce système a été de récupérer efficacement de la chaleur convective issue de l'appareil indépendant. En effet, la collecte classique par canalisation d'air autour du corps de chauffe est très peu utilisée sur des poêles (aussi bien à bûches qu'à granulés) pour des raisons d'esthétique. Un collecteur a donc été développé dans ce sens, pour récupérer l'air chaud dans la pièce, près du conduit (Figure 1).

Une attention particulière a été portée à la température de l'air collectée en amont du caisson VMC double flux afin d'éviter les pics de température lié au cycle de combustion de l'appareil à bûches.

Une deuxième difficulté a concerné la distribution de cet air chaud par l'intermédiaire des gaines dans les pièces qui en ont besoin, tout en s'assurant que les débits d'air hygiénique soit respectés dans toutes les pièces (même celles ne nécessitant pas d'apport d'air chaud et principalement le séjour dans lequel est installé le poêle).

Pour ce faire, nous avons développé un système de ventilation double flux habituel associé à un caisson de répartition permettant l'apport d'air neuf dans toutes les pièces et un apport d'air chaud dans des pièces prédéterminées. Dans le cas du couplage avec un poêle ou un foyer à granulés, une communication a été étudiée entre le caisson et le poêle pour intégrer, dans la régulation, les besoins de chauffage des pièces où l'air est distribué.

2. Principaux résultats obtenus

Une première phase sur l'état de l'art a permis d'analyser et d'évaluer différents systèmes. Nous nous sommes attachés à étudier les différents systèmes de chauffage au bois indépendants, bûche ou granulé. En parallèle, nous avons fait une synthèse des systèmes de ventilation les plus fréquemment utilisés dans les bâtiments. Enfin, nous avons étudié les systèmes de distribution d'air chaud et leur interaction avec les systèmes de ventilation et nous les avons comparés suivant des critères de consommation, de pertes thermiques, de régulation, de facilité d'installation et de coût d'investissement.

A la fin de cette phase, nous avons engagé une phase de simulations thermiques et aérauliques pour définir les meilleures situations de couplage entre l'émetteur de chaleur dans la pièce, le collecteur de chaleur et la distribution.

2.1. Résultats de la phase de Simulations

Cette étape a débuté par la mise en œuvre d'un outil de simulation CFD, le logiciel StarCCM+ de la société CD-adapco, permettant de faire des calculs de mécanique des fluides en intégrant un émetteur dans une pièce.

2.1.1. Solutions de captage de l'énergie

Cette étape nous a permis de déterminer l'intérêt d'une récupération au plus près de la source et d'imaginer les meilleures solutions de récupération d'énergie. Dans cette optique, nous avons commencé par modéliser un poêle à bois dans une pièce qui représentera notre cas de base.



Figure 2 : Simulation du cas de référence

A partir du cas de référence, nous avons réalisé des études de sensibilités sur les différentes conceptions imaginées. Nous avons visualisé et quantifié des phénomènes physiques liés à notre problème (vitesse du fluide, températures, conduction thermique, lignes de courant...) afin de chercher les meilleures solutions techniques.

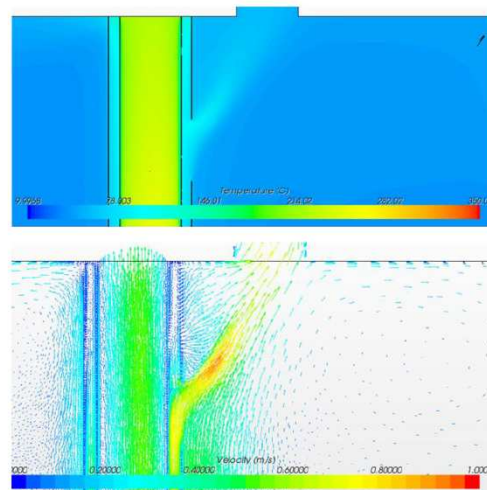


Figure 3 : Exemple de résultats en température et en vecteur vitesse

Cette phase du projet avait pour objectif de définir des solutions de captage de l'air chaud dans l'environnement proche du poêle, du conduit et/ou du plafond, afin de le distribuer via un circuit dédié. Sans dispositif additionnel de collecte de la chaleur, la récupération par la VMC double flux est insuffisante pour prévoir une distribution de chaleur dans toute la maison. Le projet a permis d'optimiser les dispositifs de collecte dont les résultats sont présentés ci-dessous.

	Référence – pas de récupération de chaleur	Double- peau simple	Double- peau flux orienté	Double- peau flux récupéré	Double- peau collecteur haut appareil	Double- peau aéré collecteur haut appareil	Double-peau collecteur autour appareil	Gaine indépendante conduit fumées
Cout	5	4	4	3	3	3	2	5
Efficacité	1	2	3	4	3	2	4	4
Adaptation au conduit	5	3	3	2	3	3	3	5
Adaptation au poêle	5	5	5	5	3	3	2	1
Esthétique	5	4	3	2	4	4	3	1
Sécurité	1	4	4	1	3	4	4	3
Confort	1	2	2	3	4	4	5	2
Total	20	24	25	23,5	27	26	29,5	24

Figure 4 : Matrice de choix de solutions de captage de l'énergie

2.1.2. Solutions de distribution de l'énergie

Concernant la distribution de l'énergie dans les pièces principales, un caisson répartiteur a été développé pour simultanément amener l'énergie dans les pièces en demande et insuffler l'air neuf de ventilation dans toutes les pièces. La régulation du système, testée à différents niveaux a ainsi pu être optimisée pour atteindre le besoin de chaleur de chaque pièce et le confort thermique requis.

Ce caisson a été mis au point à partir du logiciel de CFD.

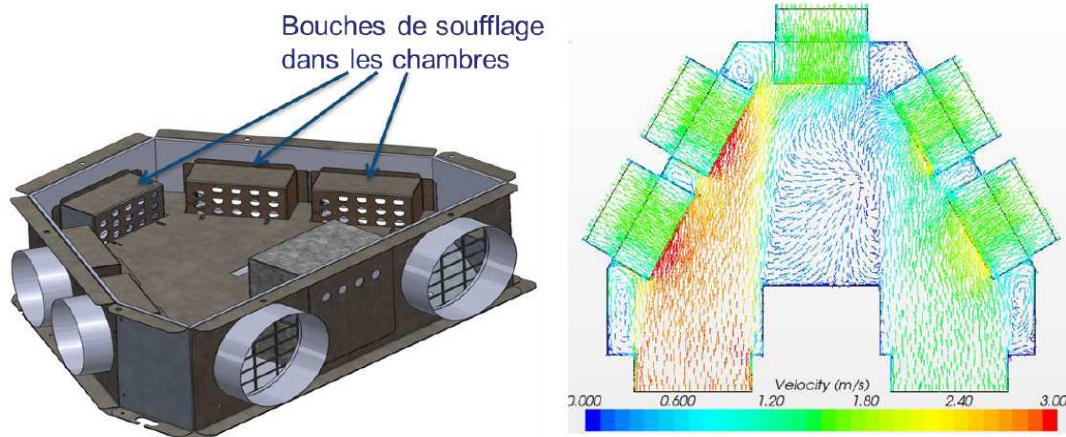


Figure 5 : CAO du caisson de répartition et représentation des vecteurs vitesse

2.1.3. Impact des solutions choisies sur le bâtiment

Le poêle à bois, du fait de sa puissance élevée et son installation dans le séjour entraîne des surchauffes là où est installé le poêle et sous-chauffes dans les chambres. Le couplage du poêle avec le système de distribution d'air chaud (DAC) vise à minimiser deux choses : les surchauffes du séjour en absorbant une partie de la puissance du séjour, mais aussi et surtout apporter une partie de l'énergie du poêle aux chambres.

Un système de récupération performant consiste dans un premier lieu à optimiser la quantité de chaleur récupérable via le système de DAC. Dans un deuxième temps il est nécessaire d'optimiser la distribution de cette chaleur à travers les pièces via un pilotage intelligent des débits d'air.

La simulation à l'aide du logiciel TRNSys, qui prend en compte les aspects thermiques, le couplage au logiciel COMIS permet de prendre également en compte les aspects aérauliques au sein d'un bâtiment.

Ces simulations ont permis de développer et comparer les différentes régulations et de calculer le bénéfice thermique qui pourrait être valorisé dans la RT2012.

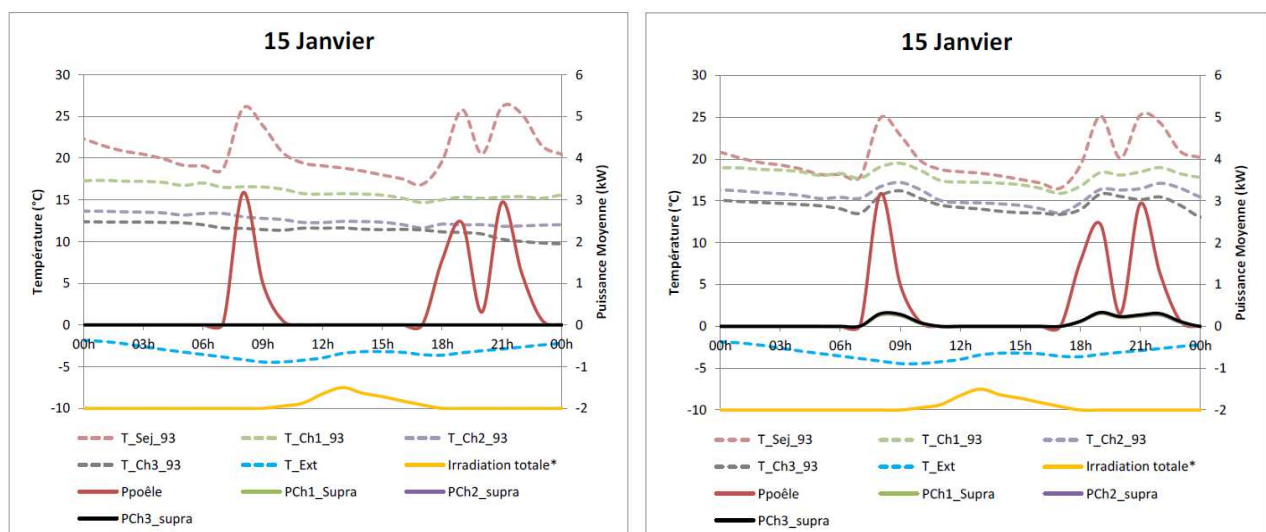


Figure 6 : Comparaison des températures dans les pièces, sans caisson de distribution dans le graphique de gauche, avec caisson de distribution graphique de droite

Cette phase a permis de mettre en évidence qu'il était plus facile d'obtenir une homogénéité de températures avec un poêle à granulés qu'avec un poêle à bûches. Par ailleurs, on a pu chiffrer un gain énergétique important grâce au système de distribution d'air chaud optimisé.

2.2. Prototypage et expérimentation

Les étapes précédentes nous ont permis de définir un cahier des charges des solutions à prototyper. Plusieurs solutions de captage, plusieurs solutions de distribution et plusieurs solutions de régulation ont ainsi pu être fabriqués.

Cinq des solutions techniques simulées ont pu être testées en situation réelle chez un particulier pendant 2 saisons de chauffe.



Figure 7 : Plan et photo de la maison expérimentale

2.2.1. Résultats thermiques

Le confort thermique de la maison, instrumentée pièce par pièce et télémétré, a été analysée durant 2 saisons de chauffe dans différentes configurations en version bûche ou granulés.

Les mesures effectuées en continu et téléportées quotidiennement ont été effectuées sur :

- le caisson de VMC DF,
- le caisson de répartition,
- sur le poêle et conduit,
- dans les différentes pièces de la maison

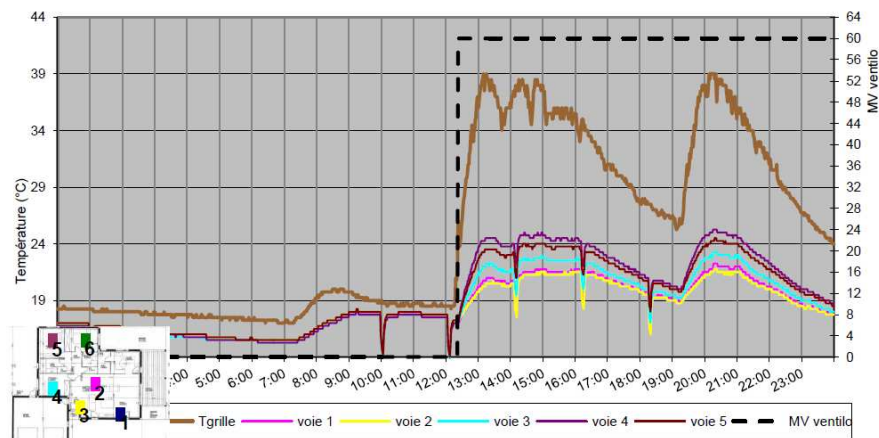


Figure 8 : Exemple de mesures de températures sur une journée

Les différentes évolutions des techniques de captage, de production et de distribution ont mis en évidence une forte amélioration de l'homogénéité des températures entre le séjour et les chambres. En effet, entre le cas de départ et la solution mise au point et optimisée, nous sommes passés d'un écart de 5°C en moyenne entre le séjour et les chambres pour la première solution à moins de 0,5°C pour la solution optimale.

2.2.2. Résultats acoustiques

Une caractérisation acoustique a pu également être effectuée pendant ces périodes d'utilisation chez le client. Les solutions mises au point ne présentent aucune gêne acoustique pour l'utilisateur.

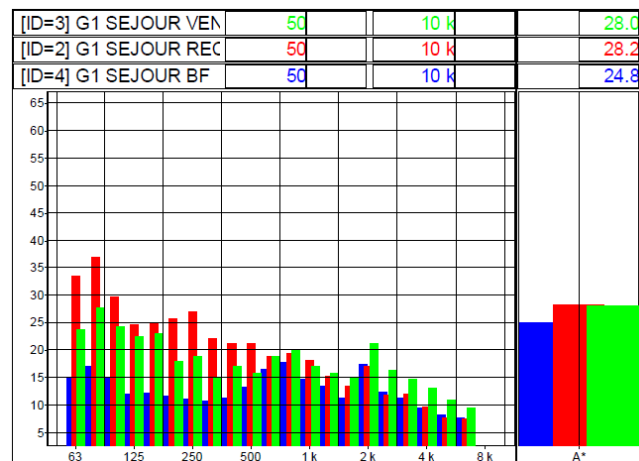


Figure 9 : Bruit de fond, Ventilation seule, Ventilation + DAC dans le séjour

Sur ce graphique, on ne constate aucune différence entre le niveau de pression acoustique du système de ventilation et le système de ventilation + le DAC.

2.2.3. Résultats de QAI

Des mesures de Qualité de l'Air Intérieur ont été réalisées pendant deux semaines. Une première semaine de mesures à blanc, sans le chauffage au bois, la maison étant par ailleurs chauffée au gaz et une seconde semaine en utilisation du chauffage au bois bûche. Le matériel a été préparé par le LERMAB Epinal et mis en œuvre sur site par SUPRA et ALDES. Les échantillons et données prélevés ont été analysés par le LERMAB.

Les critères analysés sont les suivants :

- Les paramètres de confort avec la température et humidité relative de l'air, concentration en CO₂, concentration en CO,
- Les poussières et notamment la fraction thoracique c'est-à-dire les particules de diamètre inférieur à 10µm,
- Les composés organiques volatiles (COV), BTEX, Formaldéhyde
- Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)



Figure 10 : Photo des prélèvements de COv, BTEX et Formaldéhyde

	CO2 (ppm)	RH (%)	Temp (°C)	Point de rosée (°C)
Max	999	52	25	12
Min	292	29	17	4
Moyenne	470	40	21	7
Ecart-type	136	4	2	1

Figure 11 : Résultats des paramètres de confort pendant la semaine d'utilisation du poêle

Les HAP ont été mesurés en continu par prélèvement actif. Les résultats sont :

HAP	Teneur ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)								
	Blanc 1	Blanc 2	Moyenne des blancs	cv (%)	Essai 1	Essai 2	Moyenne des essais	cv (%)	Ecart Blanc/Essai
Naphtalène	0,274	0,253	0,264	5,6	0,241	0,218	0,230	7,1	0,03
Acénaphylène	0,013	0,024	0,019	42,0	0,003	0,006	0,005	47,1	0,01
Acénaphène	0,007	0,01	0,009	25,0	0,001	0,002	0,002	47,1	0,01
Fluorène	0,01	0,009	0,010	7,4	0,001	0,002	0,002	47,1	0,01
Phénanthrène	0,01	0,055	0,033	97,9	0,003	0,016	0,010	96,8	0,02
Anthracène	0,002	0,035	0,019	126,1	0,000	0,001	0,001	141,4	0,02
Fluoranthène	0,061	0,234	0,148	82,9	0,035	0,423	0,229	119,8	-0,08
Pyrène	0,03	0,108	0,069	79,9	0,008	0,199	0,104	130,5	-0,03

Les conclusions du laboratoire indiquent que les concentrations obtenues pour tous les polluants sont très faibles avec et sans utilisation du poêle à bûches¹. L'utilisation de l'appareil de chauffage au bois ne présente donc aucun risque sanitaire particulier pour les usagers et le système de ventilation DF permet d'obtenir une très bonne QAI.

3. Conclusions / Perspectives

Ce projet a permis de mettre au point une solution novatrice en termes de techniques de diffusion d'air adaptées à la problématique des bâtiments à très haute efficacité énergétique équipés d'un système de chauffage type poêle à bois, ou foyer fermé et d'une ventilation double flux.

L'objectif du projet a été atteint et une solution technique permettant d'assurer la bonne association d'un système de chauffage à bois (type poêle) et d'un système de ventilation double flux assurant à la fois l'apport d'air neuf et la répartition de l'air chaud récupéré autour du poêle vers les pièces les plus froides a été prototypée.

Le partenariat entre ALDES et SUPRA devrait se poursuivre au-delà de ce projet et aboutir à la mise sur le marché prochaine de cette solution.

¹ Le poêle à bûche utilisé dans cette étude est un poêle avec prise d'air par l'extérieur, pas dans la pièce de vie (poêle dit « étanche »)

Sigles et acronymes

ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
COv	Composés Organiques volatiles
DAC	Distribution d'Air Chaud
DF	Double Flux
HAP	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
LERMAB	Laboratoire d'Études et de Recherches sur le MAtériau Bois - Epinal
QAI	Qualité de l'Air Intérieur
VMC	Ventilation Mécanique Contrôlée

L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil. Elle 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, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie et du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.



ADEME
20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

www.ademe.fr

ABOUT ADEME

The French Environment and Energy Management Agency (ADEME) is a public agency under the joint authority of the Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy, and the Ministry for Higher Education and Research. The agency is active in the implementation of public policy in the areas of the environment, energy and sustainable development.

ADEME provides expertise and advisory services to businesses, local authorities and communities, government bodies and the public at large, to enable them to establish and consolidate their environmental action. As part of this work the agency helps finance projects, from research to implementation, in the areas of waste management, soil conservation, energy efficiency and renewable energy, air quality and noise abatement.

www.ademe.fr.



ADEME
20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

www.ademe.fr