

Oct.
2019

IMPACT DU RENOUVELLEMENT D'APPAREILS NON PERFORMANTS DE CHAUFFAGE DOMESTIQUE AU BOIS SUR LA QUALITE DE L'AIR INTERIEUR

QAI Arve – Mesures réalisées
in situ en vallée de l'Arve dans
des logements chauffés au bois

ADEME



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

RAPPORT

En partenariat avec :

INERIS

maîtriser le risque |
pour un développement durable



Syndicat Mixte d'Aménagement
de l'Arve et de ses Affluents



REMERCIEMENTS

Comité de suivi

Isabelle AUGEVEN-BOUR (ADEME), Azadeh MARZIN (ADEME), Virginie MIGNE (Ineris), Jessica QUERON (Ineris), Pauline CAER (SM3A), Patrick CONVERSESET (Confédération des Ramoneurs savoyards), Jean-François POUDENAS (Confédération des Ramoneurs savoyards)

Contrôle Qualité

Rédaction : Virginie MIGNE-FOUILLEN (Ineris) – Morgane SALOMON (Ineris) - Guillaume KARR (Ineris)

Vérification : Jessica QUERON (Ineris) – Martine RAMEL (Ineris)

Approbation : Marc DURIF (Ineris)

CITATION DE CE RAPPORT

Ineris. 2019. Impact du renouvellement d'appareils non performants de chauffage domestique au bois sur la qualité de l'air intérieur - Projet QAI Arve : Mesures réalisées *in situ* en Vallée de l'Arve dans des logements chauffés au bois. Rapport ADEME, 82 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 : 1562C0053

Référence INERIS : DRC-19-150555-03669B

Étude réalisée par Ineris pour ce projet cofinancé par l'ADEME et le MTES

Projet de recherche coordonné par : Virginie MIGNE-FOUILLEN

Appel à projet de recherche : CORTEA

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

SOMMAIRE

RÉSUMÉ	5
ABSTRACT	6
1. Contexte et objectifs du projet	7
1.1. Contexte général	7
1.2. Positionnement du projet	8
1.3. Objectifs	8
2. Méthodologie	9
2.1. Sélection des sites	9
2.1.1. Processus de recrutement	9
2.1.2. Difficultés rencontrées	9
2.1.3. Bilan du recrutement	10
2.2. Questionnaires	11
2.3. Mesure de la qualité de l'air intérieur	12
2.3.1. Polluants recherchés et méthode de mesures	12
2.3.2. Dispositif de prélèvement	13
2.3.2.1. Un kit de mesure des COV	13
2.3.2.2. Détecteur CO	14
2.3.3. Formation des ramoneurs	14
3. Caractéristiques des logements étudiés	15
3.1. Localisation des logements	15
3.2. Description des logements	17
3.2.1. Description générale	17
3.2.2. Points de prélèvement	18
3.2.2.1. Le salon	18
3.2.2.2. La chambre	19
3.3. Pratique des particuliers	20
3.4. Gestion des kits	23
3.5. Conclusion	23
4. Résultats des campagnes	23
4.1. Valeurs repères retenues pour cette étude	23
4.2. Résultats	24
4.2.1. Aldéhydes	24
4.2.2. BTEX	28
5. Analyse statistique	30
5.1. Comparaison avant / après	30
5.2. Impact de la durée de fonctionnement de l'appareil	33
5.3. Impact de la typologie d'appareil	33
5.4. Impact de la présence d'un garage attenant	34
5.5. Impact des rejets à l'émission (en air extérieur)	34



6. Interprétation sanitaire	35
6.1. Méthodologie.....	35
6.1.1. Méthode retenue pour l'analyse sanitaire : la démarche ERS	35
6.1.1.1. Présentation de la démarche ERS	35
6.1.1.2. Caractérisation de la toxicité des substances chimiques.....	36
6.1.1.2.1. Valeurs toxicologiques de référence (VTR).....	36
6.1.1.2.2. Règles de choix de VTR	36
6.1.1.3. Evaluation des expositions	38
6.1.1.3.1. Expositions chroniques - scénario retenu.....	38
6.1.1.3.2. Expositions de courte durée	39
6.1.1.4. Caractérisation des risques par un calcul d'indicateurs	39
6.2. Résultats de l'évaluation des risques sanitaires (ERS).....	39
6.2.1. Choix de valeurs de toxicité.....	39
6.2.2. Evaluation des expositions – résultats obtenus.....	43
6.2.3. Caractérisation des risques	43
6.2.3.1. Risques chroniques	43
6.2.3.2. Risques aigus (expositions de courte durée)	44
6.2.4. Incertitudes de l'ERS	45
6.3. Conclusion de l'ERS.....	46
7. Conclusion.....	47
Références bibliographiques	49
Index des tableaux et figures	52
Sigles et acronymes.....	53
ANNEXES	54
ANNEXE 1 (Mode d'emploi du kit).....	55
ANNEXE 2 (Questionnaire pour les ramoneurs)	58
ANNEXE 3 (Questionnaire pour les particuliers)	62
ANNEXE 4 (Résultats des concentrations en polluants pour tous les logements)	65
ANNEXE 5 (Profils toxicologiques de substances d'intérêt : Benzène – Formaldéhyde – Acétaldéhyde – Ethylbenzène – Toluène – Naphtalène)	68
ANNEXE 6 (Expositions chroniques - Concentrations inhalées (CI) calculée).....	70
ANNEXE 7 (Caractérisation des risques chroniques – indicateurs de risques calculés).....	75
ANNEXE 8 (Caractérisation des risques de type aigus (liés à des expositions de courte durée) – ratios calculés)	78

RÉSUMÉ

Le projet QAI Arve a pour principal objectif d'apporter des éléments pour évaluer l'impact du remplacement d'un appareil ancien de chauffage au bois par un appareil récent et performant, sur la qualité de l'air intérieur. Ainsi, il se propose, dans le cadre de l'opération de modernisation du parc d'appareils de chauffage domestique fonctionnant au bois dans la Vallée de l'Arve, de comparer les résultats de mesures relatifs à la qualité de l'air intérieur obtenus « avant/après » le changement d'appareil pour une même habitation.

Il a été réalisé en synergie avec le projet CARVE, « Impact du renouvellement d'appareils de chauffage domestique au bois sur les émissions de particules » (financement ADEME, pilotage INERIS). Le projet CARVE vise à mesurer l'impact du remplacement d'un appareil de chauffage domestique au bois ancien par un appareil récent performant, sur les émissions à l'air ambiant de particules. Les mesures à l'émission sont réalisées *in situ* en sortie de cheminée, sur quelques heures, avant et après renouvellement de l'appareil, sur un nombre significatif de sites. Sur le terrain, le projet CARVE s'est appuyé sur la Confédération des Ramoneurs Savoyards pour la réalisation des mesures et sur le Syndicat Mixte d'Aménagement de l'Arve et de ses Abords pour le recrutement des particuliers volontaires dans la Vallée de l'Arve.

Le présent projet, QAI Arve, a bénéficié de l'organisation entre l'INERIS et la Confédération des Ramoneurs Savoyards, pour déployer, en parallèle des mesures réalisées en sortie de cheminée dans CARVE, des kits de mesures en air intérieur dans 34 habitations. Les kits permettent la mesure dans l'air intérieur des polluants suivants : des composés organiques volatils (benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes, naphthalène) et des aldéhydes (formaldéhyde, acétaldéhyde, hexanal, benzaldéhyde). L'analyse des supports de prélèvement a été confiée à ALPA DIOXAIR et QUAD-LAB. Les particules (PM_{2.5} et PM₁₀) ne font pas partie du panel des polluants visés par l'étude, bien que d'intérêt dans le cadre de ces travaux. La raison est que la mesure quantitative des particules nécessite le recours à des appareils spécifiques, mis en œuvre par des personnels techniques, en comparaison au kit utilisé qui est manipulable facilement.

Compte tenu des aléas de traitement de certains échantillons par les laboratoires, des résultats de campagnes « avant » et « après » sont *in fine* disponibles pour 19 logements pour les aldéhydes et 15 logements pour les BTEX.

Pour le naphthalène et le benzaldéhyde, les concentrations sont restées la plupart du temps en dessous ou autour de la limite de quantification. Concernant le toluène, l'éthylbenzène, les xylènes, le formaldéhyde, l'acétaldéhyde et l'hexanal, bien que de nombreuses concentrations aient été supérieures aux valeurs médianes obtenues lors de la campagne logements menée par l'OQAI entre 2003 et 2005, les médianes de l'ensemble des concentrations mesurées sont du même ordre de grandeur que les médianes de la campagne OQAI. Seul le benzène présente des médianes « avant » et « après » supérieures à la médiane de l'OQAI.

Enfin, si on compare les médianes des campagnes « avant » et « après », elles ont diminué quel que soit le polluant considéré excepté

- pour l'éthylbenzène et le o-xylène pour lesquelles elles sont restées stables,
- pour l'hexanal où les médianes ont augmenté.

Néanmoins, il est difficile de relier spécifiquement pour chaque logement le changement d'appareil de chauffage avec l'évolution des concentrations en polluants. En effet, de nombreuses sources intérieures peuvent contribuer à l'apport en polluant (travaux, ménage, cuisine), tout comme les pratiques (durée de fonctionnement de l'appareil de chauffage, temps d'aération). Par ailleurs, les nouveaux appareils de chauffage au bois sont nettement plus performants dans la mesure où la combustion est plus complète avec des appareils plus étanches. Ceci entraîne un renouvellement d'air moins important dans la pièce, dans la mesure où l'air nécessaire à la combustion est directement prélevé à l'extérieur.

Tous ces paramètres (autres sources, pratiques, prises d'air de l'appareil) peuvent ainsi avoir une incidence sur les concentrations mesurées dans l'air intérieur.

Enfin, sur la base de l'ensemble des concentrations mesurées pour les substances considérées (formaldéhyde, acétaldéhyde, hexanal, benzaldéhyde, BTEX, naphthalène), une évaluation des risques sanitaires (ERS) a été réalisée. Dans un premier niveau d'approche, se basant sur des hypothèses simples et raisonnablement majorantes, les résultats de l'ERS suggèrent un besoin de diminuer les expositions des habitants à ces substances, en ciblant prioritairement le benzène et dans une moindre mesure les xylènes, l'acétaldéhyde, le formaldéhyde et le naphthalène. Les travaux n'ont pas permis de mettre en évidence de lien avéré entre les expositions observées et des sources potentielles spécifiques.

ABSTRACT

The aim of the project QAI Arve is to provide elements to evaluate the impact on indoor air quality of the renewal of an old domestic woodburning appliance by a new efficient one. As a modernisation operation of domestic woodburning appliances in the Arve Valley is in progress, field investigations will be performed in this experimental context.

This project will be synchronised with the CARVE project: "Impact of the renewal of domestic heating appliances on wood on particle emissions" (ADEME funding, INERIS coordination). The CARVE project aims to measure the impact of the replacement of a domestic heating appliance with old wood by a recent high-performance appliance, on ambient air emissions of particles. Measurements at the emission are carried out in situ at the outlet of the chimney, over a few hours, before and after renewal of the apparatus, on a significant number of sites. In the field, the CARVE project relied on the Confederation of Savoyard Chimney Sweeps for the implementation of the measures and on the Arve Mixed Development Association and its surroundings for the recruitment of private volunteers in the Arve Valley.

The present project, QAI Arve, benefited from the organization between INERIS and the Confédération des Savoyards Savoyards, to deploy, in parallel measurements made at the exit of chimney in CARVE, indoor air measurement kits in 34 dwellings. Kits allow measurement in indoor air of the following pollutants: volatile organic compounds (benzene, toluene, ethylbenzene, xylenes, naphthalene) and aldehydes (formaldehyde, acetaldehyde, hexanal, benzaldehyde). The analysis of the sampling media was entrusted to ALPA DIOXAIR and QUAD-LAB. Particles (PM_{2.5} and PM₁₀) are not part of the pollutant panel covered by the study, although of interest in this work. The reason is that the quantitative measurement of particles requires the use of specific devices, implemented by technical personnel, in comparison to the kit used which is easily manipulated.

In view of the initial objectives and the difficulties of processing certain samples by the laboratories, "before" and "after" campaigns are available for 19 dwellings for aldehydes and 15 homes for BTEX.

For naphthalene and benzaldehyde, concentrations remained mostly below or around the limit of quantification. Concerning toluene, ethylbenzene, xylenes, formaldehyde, acetaldehyde and hexanal, although many concentrations were higher than the median OQAI values, the medians of all measured concentrations are of the same order of magnitude. greater than the medians of the OQAI campaign. Only benzene has "before" and "after" medians above the median of the OQAI.

Finally, if we compare the medians of the "before" and "after" campaigns, they decreased regardless of the pollutant considered except

- for ethylbenzene and o-xylene for which they have remained stable,
- for benzene where the medians have increased.

Nevertheless, it is difficult to relate the change in heating equipment to changes in pollutant concentrations. Indeed, many indoor sources can contribute to pollutant intake (work, household, kitchen), as practices (duration of operation of the device, ventilation time). In addition, the new wood-burning appliances are significantly more efficient since the combustion is more complete with more leak-proof appliances, which generates less room air exchange, since the air needed to the combustion is directly from the outside. All of these parameters can affect measured concentrations.

Finally, based on all measured concentrations for the studied substances (formaldehyde, acetaldehyde, hexanal, benzaldehyde, BTEX, naphthalene), a health risk assessment (HRA) was conducted. In a first approach, based on simple and reasonable worst case scenario, the results suggest a need to reduce the inhabitants exposures. This reduction should focus on benzene and, with a second priority, on xylenes, acetaldehyde, and naphthalene. This work did not allow to highlight a link between the observed exposures and some potential specific source of indoor air pollution.

1. Contexte et objectifs du projet

1.1. Contexte général

L'air intérieur constitue un axe fort de progrès en santé environnement. La multiplicité des sources d'émission potentielles ainsi que le temps passé dans les espaces clos (en moyenne 70 à 90%, dont 16 heures par jour dans son logement) en font une préoccupation légitime de santé publique.

Si les matériaux de construction, le mobilier, les produits de consommation, certaines activités de la vie courante sont des sources d'émission de polluants en air intérieur, le chauffage peut également en être une. En effet, une première étude a montré un impact du chauffage au bois sur les concentrations en air intérieur, notamment en comparant les concentrations mesurées dans des logements avec et sans fonctionnement du système de chauffage au bois. Dans les conditions expérimentales de cette étude, les résultats semblent montrer une influence du chauffage au bois sur les concentrations en benzène, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et les particules (PM₁₀ et PM_{2.5}). A titre d'exemple des concentrations en benzène dépassent la valeur guide d'air intérieur long-terme établie par l'Anses¹ (2 µg/m³), voire la valeur d'action rapide du HCSP² (10 µg/m³) en période de fonctionnement de l'appareil et des concentrations en HAP jusque 10 fois supérieures par rapport à celles mesurées sans fonctionnement de l'appareil [Ineris, 2008].

Le Centre International de Recherche sur le Cancer a classé les fumées de combustion du bois comme probablement cancérogènes chez l'Homme en novembre 2006 [CIRC, 2006].

Le bois est l'énergie de base pour le chauffage dans 3,7% des résidences principales, majoritairement dans l'habitat individuel [ADEME, 2014]. C'est un mode de chauffage qui séduit de plus en plus de ménages : en 2017, 6,8 millions de ménages utilisaient le bois comme mode de chauffage dans leur résidence principale dont près de la moitié (47%) en chauffage principal [ADEME, 2018].

Le bois est une énergie compétitive. Ainsi, pour un logement, le bois bûche est en moyenne 1,5 fois moins cher que le gaz naturel et près de 2,5 fois moins cher que le fioul [ADEME, 2014]. En 2017, moins de la moitié (42%) des ménages se chauffant au bois s'approvisionnent par leurs propres moyens, surtout en zone rurale (récolte de bois sur leur propriété ou celle d'une connaissance)]. Pour ces personnes, le bois est la source d'énergie la plus économique à l'usage [ADEME, 2018].

Cependant, le parc national d'appareils individuels de chauffage au bois se caractérise par des équipements anciens (15 ans d'âge moyen) très polluants en termes d'émissions à l'air ambiant [ADEME, 2014]. Or, depuis quelques années, il existe sur le marché des appareils nettement moins émetteurs (appareils labellisés Flamme verte ou de performance équivalente).

Dans ce contexte et afin de soutenir le développement des énergies renouvelables et en particulier la production de chaleur à partir de biomasse, l'ADEME finance des actions de modernisation du parc de chauffage individuel au bois.

Dans le cadre du premier Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) de la Vallée de l'Arve (2012-2018), des dispositions ont été prises 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 et la gestion du dispositif est assurée par le SM3A, Syndicat Mixte d'Aménagement de l'Arve et de ses Abords. Cette opération vise à aider financièrement les particuliers pour changer leurs cheminées (foyers ouverts) ou leurs anciens appareils de chauffage au bois (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.

Les premiers renouvellements d'appareils ont été réalisés à partir de juin 2013, date du lancement grand public de l'opération. Initialement mise en place pour une durée de quatre ans avec le versement d'une aide de 1 000 € aux particuliers, la durée de l'action et le montant de l'aide du Fonds Air Bois ont été modifiés en septembre 2016 dans le but d'atteindre les objectifs fixés (3 200 appareils changés). La temporalité du dispositif a ainsi été décalée à fin 2018 et l'aide financière a été doublée (2 000 €) à compter du 1^{er} janvier 2017. Parallèlement à la modification du montant de l'aide, l'exigence sur les performances des appareils est passée de l'équivalence Flamme Verte 5 étoiles à l'équivalence Flamme Verte 7 étoiles.

¹ Agence nationale de sécurité sanitaire. [Anses, 2008]

² Haut conseil de la santé publique. [HCSP, 2010]



1.2. Positionnement du projet

Bien que les progrès réalisés sur les performances énergétiques et environnementales des appareils de chauffage au bois soient connus, le gain de ces appareils en termes d'émissions dans l'air intérieur est à ce jour encore peu documenté.

Aussi, ce projet se propose d'étudier l'impact sur la qualité de l'air intérieur du remplacement d'une cheminée (foyer ouvert) ou d'un appareil ancien par un appareil récent, performant et étanche. A notre connaissance, aucune étude française, sur un panel significatif d'habitations, basée sur des mesures comparatives de ce type en conditions de fonctionnement in-situ n'a été identifiée dans la littérature.

Le projet QAI Arve intervient en synergie du projet CARVE³ cofinancé lui-aussi par l'ADEME, réalisé également dans la Vallée de l'Arve, et piloté par l'Ineris. Le projet CARVE, débuté en 2015, a pour principal objectif d'apporter des éléments permettant de mieux cerner l'impact, sur les émissions de particules en sortie de cheminée, du remplacement d'un appareil domestique de chauffage au bois ancien par un appareil récent performant. Les mesures à l'émission sont réalisées *in situ* sur un nombre de sites significatif, avant puis après renouvellement de l'appareil. Pour la réalisation des mesures à l'émission sur le terrain, un partenariat a été noué avec la Confédération des Ramoneurs Savoyards. Les opérateurs avaient été formés au préalable par l'Ineris.

Le présent projet, QAI Arve, a bénéficié de l'organisation mise en place pour le projet CARVE entre l'Ineris et la Confédération des Ramoneurs Savoyards. Des kits ont été déployés dans les logements pour des mesures en air intérieur pour QAI Arve, en parallèle des mesures d'émission de particules réalisées en sortie de cheminée pour CARVE.

Le projet bénéficie également de l'expérience méthodologique et technique acquise par l'Ineris sur l'impact des appareils de chauffage à bois sur la qualité de l'air intérieur au cours d'une précédente étude sur un panel de 6 habitations [Ineris, 2008], cofinancée par l'ADEME au sujet de l'impact sur la qualité de l'air intérieur de différents modes de chauffage.

1.3. Objectifs

Le projet QAI Arve s'inscrit dans une optique d'évaluation *in situ* de l'apport du remplacement d'un ancien appareil de chauffage domestique au bois sur la qualité de l'air intérieur (QAI). Les mesures de certains polluants, avant et après changement d'appareil, ont été réalisées dans une même habitation, dans des conditions de fonctionnement en usage réel des appareils de chauffage.

La synergie entre les deux projets permet que le panel significatif d'habitations individuelles (une trentaine de logements) soit le même pour les deux projets à quelques habitations près.

Dans le cadre de QAI Arve, l'Ineris a eu recours à différents dispositifs métrologiques, déployés sur tout ou partie des sites sélectionnés :

- Un kit de mesure, simple d'utilisation, mis au point dans le cadre de ses missions d'appui pour le Ministère en charge de l'écologie (MTES⁴), a permis aux particuliers d'évaluer la QAI au sein de leur logement sur le plan des composés organiques volatils (COV). Ce dispositif, basé sur des mesures par diffusion, a déjà été éprouvé lors d'une opération pilote de déploiement, en partenariat avec le réseau des conseillers médicaux en environnement intérieur (CMEI), à l'initiative du MTES. De par le couplage au projet CARVE, le recours à ce type de métrologie a permis d'obtenir un jeu conséquent de données pour un coût limité pour ce type d'étude : le kit a été déployé sur l'ensemble des sites sélectionnés ;
- Un détecteur de monoxyde de carbone (CO) a été mis en œuvre à des fins complémentaires sur un sous-échantillon des sites sélectionnés, du fait que cet appareil devait être réutilisé d'un site à un autre.

Les particules (PM_{2.5} et PM₁₀) ne font pas partie du panel des polluants visés par l'étude, bien que d'intérêt dans le cadre de ces travaux. La raison est que la mesure quantitative des particules nécessite le recours à des appareils spécifiques, mis en œuvre par des personnels techniques, en comparaison au kit utilisé qui est manipulable facilement.

En termes d'exploitation des données, un second objectif est de coupler les données obtenues à l'émission dans le projet CARVE avec les données air intérieur obtenues dans le cadre de QAI Arve et de confronter les comparatifs « avant/après » changement d'appareil pour étudier leurs cohérences ou divergences.

³ Campagne de mesures de particules à l'émission des foyers domestiques alimentés au bois dans la Vallée de l'Arve.

⁴ Ministère de la transition écologique et solidaire

Enfin, les concentrations intérieures mesurées « avant/après » changement d'appareil sont évaluées sur un plan sanitaire, permettant ainsi d'estimer l'apport en termes de santé publique de ce type d'opération.

La finalité de ce projet, en complément du projet CARVE, est de permettre de collecter *in situ* des données inédites pour évaluer l'impact de la modernisation du parc d'appareils de chauffage individuel fonctionnant au bois dans la Vallée de l'Arve en prenant en compte à la fois les émissions à l'air ambiant mais aussi celles en air intérieur.

2. Méthodologie

2.1. Sélection des sites

2.1.1. Processus de recrutement

Les sites d'essais ont été sélectionnés à partir des informations communiquées par le Syndicat Mixte d'Aménagement de l'Arve et de ses Abords (SM3A). En effet, dans le cadre de l'opération de renouvellement du parc d'appareils fonctionnant au bois dans la Vallée de l'Arve (fonds Air-Bois), le SM3A collecte les dossiers de demande d'aide des particuliers.

Ces dossiers comprennent :

- les coordonnées des particuliers,
- le type de matériel ancien à remplacer et son usage (chauffage de base, d'appoint ou d'agrément) ainsi que sa date d'installation,
- le type et les caractéristiques du nouveau matériel (marque, modèle) ainsi que l'usage prévu.

A partir de cette présélection, un premier contact téléphonique a été pris par l'Ineris pour présenter l'opération aux particuliers n'ayant pas manifesté leur opposition à être contactés dans le cadre de l'évaluation du Fonds Air Bois. Les coordonnées des particuliers sélectionnés ont ensuite été communiquées à la Confédération des Ramoneurs Savoyards, avec notamment des informations sur la disponibilité des personnes et sur la date prévue du renouvellement de l'appareil. Les ramoneurs planifiaient alors la date d'intervention pour les mesures.

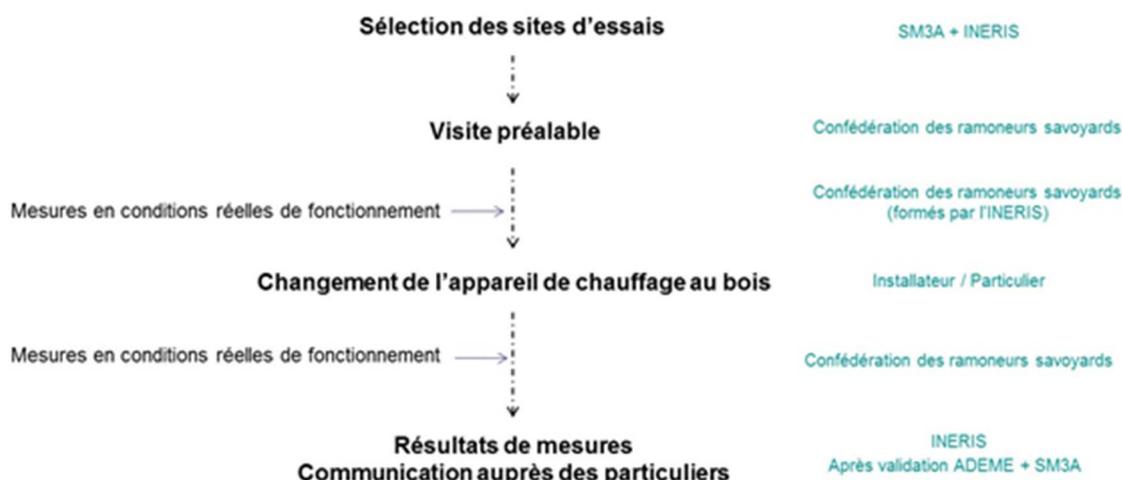


Figure 1 : Déroulement du projet

2.1.2. Difficultés rencontrées

Le processus de recrutement a été une étape primordiale dans la réalisation de ce projet ainsi que dans celle du projet CARVE. De nombreux ajustements ont été réalisés tout au long des projets afin non seulement d'encourager les particuliers à participer à ce projet, mais aussi pour faciliter l'intervention des ramoneurs :

- Présentation du projet dans le dossier de demande d'aide financière (fonds air bois) : cela a permis de sensibiliser les particuliers en amont du changement de leur appareil de chauffage au bois et de leur laisser la possibilité de contacter l'Ineris pour avoir de plus amples renseignements ;

- Communication immédiate par le SM3A des coordonnées des particuliers à l'Ineris bénéficiant l'aide pour éviter une prise de contact trop tardive et pouvant arriver après le changement d'appareil, ne permettant donc pas la réalisation de mesures avant changement d'appareil ;
- Présentation du projet par le SM3A aux installateurs d'appareil de chauffage au bois buches ou granulés afin d'éviter un changement d'appareil trop rapide, voire même avant de recevoir l'avis favorable du fonds air bois ;
- Versement de l'aide par le SM3A sous quinzaine pour les personnes volontaires contrairement aux autres bénéficiaires de l'aide du fonds air-bois qui percevaient l'aide sous 2 mois ;

Toutes ces actions ont permis d'augmenter le taux de recrutement. Cependant, des difficultés ont persisté :

- Difficulté pour l'Ineris de joindre les particuliers aux heures de bureau afin de leur présenter le projet, et leur proposer d'y participer ;
- Manque de disponibilité des particuliers pour mener à bien l'intervention des ramoneurs, pour lesquels une demi-journée était nécessaire avant et après le changement d'appareil ;
- Gestion du planning des ramoneurs au regard du nombre d'interventions nécessaires (68 interventions) pour ce projet, en plus de leur propre activité.

Au regard des différents ajustements et des difficultés persistantes, le taux de recrutement a été d'environ 10%. Aussi, pour constituer notre échantillon représentatif de 30 particuliers, la phase de recrutement s'est étalée sur deux saisons hivernales (octobre-avril) : 2016/2017 et 2017/2018. La troisième saison hivernale (2018/2019) a principalement servi à réaliser les mesures après changement d'appareil.

2.1.3. Bilan du recrutement

Le projet QAI Arve vise à obtenir des résultats d'analyses des substances citées au chapitre 2.3.1 par le déploiement de kits au sein de 30 habitations. Afin d'anticiper d'éventuelles casses de tubes, pertes de kits, ..., il était prévu de déployer ces derniers dans une quarantaine d'habitations.

Au final, les difficultés de recrutement ont permis de constituer un **panel de 34 logements sur 3 ans et demi** (contre 40 logements sur les 2,5 ans prévus initialement)

2.2. Questionnaires

D'autres sources intérieures, hors chauffage au bois, peuvent émettre également les différentes substances visées par cette étude. Le tableau ci-dessous présente pour les polluants recherchés les sources émettrices de celui-ci.

Substances	Sources
Formaldéhyde	Panneaux de particules, de fibres, bois agglomérés, livres et magazines neufs, peintures à phase « solvant », fumée de tabac, bougies, bâtonnets d'encens, cuisinières à gaz, poêles à pétrole, photocopieurs, produits d'entretien et de traitement, produits d'hygiène corporelle et cosmétiques
Acétaldéhyde	Fumée de tabac, panneaux de bois brut et de particules, isolants, photocopieurs
Hexanal	Panneaux de particules, livres et magazines neufs, peintures à phase solvant, produit de traitement du bois (phase aqueuse), panneaux de bois brut
Benzaldéhyde	Peintures à phase solvant, photocopieurs, parquet traité
Benzène	Carburants, tabagisme, produits de bricolage, ameublement, produits de construction et de décoration ⁵
Toluène	Peintures, vernis, colles, encres, moquettes, tapis, calfatage siliconé, vapeur d'essence
Ethylbenzène	Carburants, cires
Xylènes	Peintures, vernis, colles, insecticides
Naphtalène	Fumée de tabac, processus de combustion, plastifiants, résines, teintures, papiers d'emballage, répulsifs pour insectes notamment les mites

Tableau 1 : Sources potentielles en air intérieur des polluants recherchés [OQAI⁶, ANSES⁷]

Aussi, afin de collecter des informations sur les sources potentiellement « co-contributrices » et d'interpréter au mieux les concentrations mesurées en polluants, deux questionnaires ont été élaborés.

Le premier, rempli par le ramoneur lors de l'installation des kits de prélèvements, a pour but de faire un état général du logement afin de mettre éventuellement en lumière d'autres sources émettrices que le chauffage au bois des polluants recherchés dans la présente étude. Ce bilan porte sur :

- L'environnement extérieur (ex : présence dans un rayon de 500 m d'une autoroute, d'un parking, d'un centre d'incinération, etc.)
- Les caractéristiques du logement (type et année de construction, type de chauffage, production d'eau chaude, ventilation, etc.)
- Les caractéristiques du salon et de la chambre (type de fenêtre et vitrage, travaux de moins de 6 mois, mobilier de moins d'un an, ventilation, chauffage d'appoint, etc.)
- Les caractéristiques de la cuisine (ouverte ou non sur le salon, hotte, combustible, stockage de produits chimiques, etc.)

⁵ Le benzène issu des produits de construction et de décoration est désormais peu probable puisqu'il est réglementé depuis 2009 dans ce type de produits : les produits de construction et de décoration ne peuvent être mis sur le marché que s'ils émettent moins de 1 µg/m³ de benzène.

⁶ OQAI : <http://www.oqai.fr/ObsAirInt.aspx?idarchitecture=182&item=302&indice=2>

⁷ ANSES : <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2004etVG005Ra.pdf>



Ce bilan était à faire avant et après renouvellement de l'appareil de chauffage au bois.

Le second questionnaire est destiné au particulier. Il permet de relever toutes les éventuelles habitudes de vie génératrices de polluants qui ont eu lieu au cours de la semaine de prélèvement : présence de fumeur, utilisation de produits ménagers, utilisation de désodorisants d'intérieur, temps de cuisine, chauffage d'appoint, peinture, bricolage. Par ailleurs, il précise les périodes d'allumage de l'appareil de chauffage au bois, ainsi que les moments d'aération. Ce questionnaire était également à compléter lors des deux campagnes de prélèvement.

Enfin, les dates et heures de début et de fin de prélèvement sont mentionnées dans ces questionnaires, informations indispensables au calcul des concentrations en polluants.

2.3. Mesure de la qualité de l'air intérieur

2.3.1. Polluants recherchés et méthode de mesures

Les polluants recherchés sont :

- Des hydrocarbures aromatiques : Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes (BTEX) (sur Radiello® code 145 / analyse par thermo-désorption GC-MS) : l'état de l'art montre un impact significatif du chauffage au bois sur les concentrations en benzène [Ineris, 2008]. En complément, les TEX ont également été mesurés. Les rapports toluène/benzène peuvent notamment apporter des informations intéressantes sur le type de source contributrice et sa proximité ;
- Le naphtalène (sur le même support de prélèvement que le tube BTEX) : l'état de l'art montre également un impact significatif du chauffage au bois sur les concentrations en HAP. Le naphtalène a été proposé comme traceur de l'évolution des concentrations en HAP : il peut en effet être mesuré par échantillonnage passif et semble représenter la part majoritaire des HAP gazeux mesurés lors de l'utilisation de chauffage au bois [Ineris, 2008].
- Des aldéhydes : formaldéhyde, acétaldéhyde, benzaldéhyde et hexanal (sur Radiello® code 165 / analyse par HPLC-UV). Si l'état de l'art ne montre pas un impact significatif du chauffage au bois sur les teneurs en formaldéhyde, les sources de ce composé sont multiples en air intérieur et d'autres études ont montré des variations de concentration en acétaldéhyde parallèlement à l'utilisation du chauffage au bois [Gustafson, 2007]. Le suivi de la présence de ces composés a pour objectif de permettre de conforter ou non, sur un panel significatif d'habitations, si les teneurs en aldéhydes en air intérieur sont corrélées à l'utilisation du chauffage au bois.

Le naphtalène est mesuré sur tube Radiello® code 145, permettant une analyse par thermodésorption (GC-MS). Bien que le débit de diffusion sur ce support n'ait pas été déterminé par Radiello®, cette option a été privilégiée à une mesure sur code 130 pour laquelle le débit de diffusion n'était pas disponible, afin d'être pertinent en termes de limite de quantification. De ce fait, les concentrations en naphtalène sont approximées en une concentration en équivalent toluène, ce qui ne nuit pas au comparatif des concentrations « avant/après ».

D'autres sources intérieures ou extérieures, hors chauffage au bois, peuvent contribuer aux concentrations des substances visées. De ce fait, les informations qualitatives recueillies au cours de l'étude s'attachent à décrire les sources « co-contributrices » : environnement extérieur de l'habitation, cuve à fioul ou stockage de carburants dans le volume habité, travaux de rénovation récents, etc. (cf. annexes 2 et 3).

Les particules (PM_{2.5} et PM₁₀) ne font pas partie du panel des substances visées par l'étude, bien que d'intérêt dans le cadre de ces travaux. La raison est que la mesure des particules nécessite le recours à des appareils spécifiques bruyants, mis en œuvre par des personnels techniques, en comparaison au kit manipulable facilement. Les possibilités de déploiement pour réaliser ces mesures ont été étudiées mais étant donné le retour d'expérience du projet CARVE sur les premières investigations réalisées en mars-avril 2015, il s'est avéré qu'il s'écoulait très peu de temps entre le moment où le fond d'intervention de la vallée de l'Arve octroyait le financement du changement d'appareil de chauffage au bois et l'installation du nouveau système. Ce constat aurait donc imposé une mobilisation du personnel Ineris sur place dans la vallée de l'Arve, ce qui n'était pas possible sur toute la durée de la période de chauffe. Une mobilisation sur une durée plus restreinte aurait impliqué beaucoup d'aléas et incertitudes quant au nombre de sites pouvant être effectivement investigués. Néanmoins, la disponibilité de microcapteurs dédiés aux particules dont les performances commencent à être évaluées pourrait permettre à l'avenir l'intégration des mesures de particules dans ce type de campagne [LCSQA, 2018].

L'analyse de l'ensemble des kits a été sous traitée à un laboratoire extérieur. Pour les deux premières saisons hivernales ALPA DIOXAIR était en charge de l'analyse. Les kits déployés lors de la dernière saison hivernale ont été analysés par QUAD-LAB. Les limites de quantification pour les différents polluants sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2 : Limites de quantification

	Formal-déhyde	Acétal-déhyde	Hexanal	Benzal-déhyde	Benzène	Toluène	Ethyl-benzène	m/P-xylène	o-xylène	Naphtalène
	(µg/m ³)									
ALPA DIOXAIR	1	1,2	5,5	1,1	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,2
QUAD LAB	0,2	0,2	1,1	0,2	0,02	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

2.3.2. Dispositif de prélèvement

Afin de mesurer la Qualité de l'air Intérieur (QAI), différents dispositifs métrologiques, adaptés aux contraintes de cette étude et pouvant être déployés en grand nombre par des personnes non spécialistes, ont été mis en œuvre.

2.3.2.1. Un kit de mesure des COV

Ce kit dédié à la Qualité de l'Air Intérieur a été mis au point par l'Ineris.

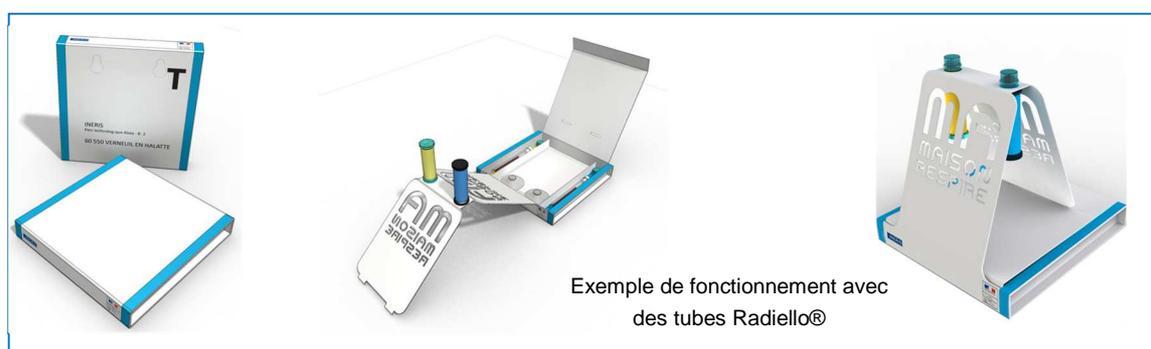


Figure 2 : Kit de mesures de la QAI

Les avantages de ce dispositif, qui se base sur une mesure par échantillonnage passif, sont triples :

- « Tout en un » avec double fonctionnalité : coffret d'envoi postal et support de mesure ;
- Protection des tubes passifs tout en permettant à l'air de diffuser à l'intérieur du support grâce à un ajourage ;
- Simplicité d'utilisation.

Des tests de relargage par les matériaux utilisés (carton et encres) pour le coffret d'envoi/support de prélèvement avaient été réalisés pour les substances initialement visées dans le cadre de sa mise au point, soit formaldéhyde et BTEX.

Ce kit, simple et robuste, a été conçu afin d'être utilisable par un particulier, sans compétences techniques spécifiques. Ainsi, le coffret contient différentes fiches utiles : une fiche d'information sur les composés mesurés, une notice d'utilisation du dispositif (montage, démontage, précautions d'emploi, emplacement à privilégier pour la mesure) ainsi qu'un formulaire synthétique en accompagnement de la mesure (pièce investiguée, début et fin de prélèvement, activités potentiellement contributrices). Il contient par ailleurs, une étiquette pré-affranchie pour la réexpédition pour analyse. En effet, les kits ont été mis en œuvre par les ramoneurs, lors de leur passage prévu au domicile dans le cadre du projet CARVE. A la fin des prélèvements, les particuliers ont eu pour mission de réexpédier le kit pour analyse selon une procédure qui leur aura été précisée (cf. annexe 1).

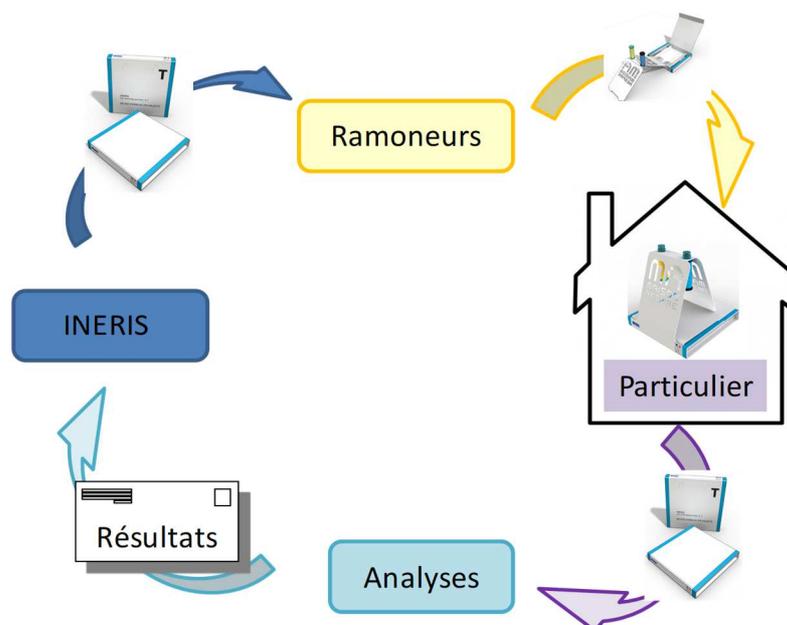


Figure 3 : Processus du kit

Pour chaque habitation, la durée de prélèvement recommandée est de 7 jours, en période de chauffe au bois, avant/après changement d'appareil, dans deux pièces : celle où est implanté l'appareil de chauffage au bois et l'une des chambres principales. Le fait d'avoir deux points de mesure par habitation permettra d'avoir une meilleure représentativité spatiale de l'impact potentiel du chauffage au bois. Les substances ciblées sont les BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes), les aldéhydes (formaldéhyde, acétaldéhyde, benzaldéhyde et hexanal) ainsi que le naphthalène.

2.3.2.2. Détecteur CO

Un jeu de trois détecteurs (PAC 7000, avec enregistrement de données) a été mis à disposition des ramoneurs pour effectuer des mesures et profiter de la synergie avec le projet CARVE. En effet, ces outils sont simples d'utilisation et peuvent être mis en œuvre par ces derniers. Un seul détecteur a été installé par foyer, avec une mesure dans la pièce où l'appareil de chauffage au bois est installé, avant/après changement d'appareil. Ces détecteurs devant être réutilisés d'un site à un autre (à l'inverse des kits), cela impose le moyen de les récupérer après la mesure, ce qui a pu induire des périodes d'échantillonnage inférieures à 7 jours en fonction des possibilités de ramoneurs.

Il convient de préciser que ces méthodes ne sont qu'indicatives et ne représentent en aucun cas un contrôle réglementaire sur ce paramètre.

Différentes fiches accompagnant les mesures ont été adaptées à la problématique de cette étude (informations en lien avec les substances mesurées par le kit ainsi que le CO, identification précise des activités potentiellement émettrices en parallèle de la combustion du bois, ...).

2.3.3. Formation des ramoneurs

Dans le cadre du projet CARVE, quatre jours de formation ont été donnés aux membres de la Confédération des Ramoneurs Savoyards participant dont une journée était consacrée à la partie « air intérieur ». Cette journée qui s'est déroulée en janvier 2016 a permis notamment de :

- Présenter le kit et ses composants ainsi que les appareils de mesure complémentaires (pour le CO) ;
- Faire une démonstration de la mise en œuvre du kit et des déchargements des données CO avec un atelier pratique ;
- Diffuser des éléments de langage à destination des particuliers pour leur présenter la démarche et des recommandations à leur indiquer pour la bonne réalisation des mesures (des supports papiers leur seront également fournis) telles que les précautions d'usage, où placer le kit pour la mesure, ... ;
- Présenter le questionnaire (partie QAI) sur les paramètres qualitatifs à recueillir.

Un suivi régulier des interventions des ramoneurs a été réalisé avec la transmission, sous forme d'un tableau, de l'ensemble des logements investigués en lien avec les référencements des kits déployés. Par ailleurs, afin de suivre

le cycle de vie du kit (cf. Figure 3), une réunion téléphonique hebdomadaire a été mise en place entre les ramoneurs et l'Ineris.

3. Caractéristiques des logements étudiés

La sélection des sites d'essais a permis la constitution d'un panel de 34 logements volontaires pour intégrer le projet. Une étude approfondie des questionnaires a été réalisée afin de pouvoir interpréter au mieux les résultats obtenus. Les questionnaires des deux campagnes de prélèvements (avant et après changement d'appareil) pour ces 34 logements ont été analysés.

Il ressort tout d'abord que 3 logements (logement 2, 3 et 6) ne répondent pas à l'objectif initial du projet. En effet, dans les logements 2 et 3, on note la présence de fumeurs ce qui pourrait avoir une incidence significative sur les concentrations mesurées en polluants et ainsi rendre difficilement interprétables les résultats. Par ailleurs, pour le logement 6, l'appareil de chauffage au bois n'a pas fonctionné au cours des deux semaines de mesures. Or, l'objectif du projet est bien de mesurer l'impact du chauffage au bois sur la qualité de l'air intérieur. Ainsi, ces 3 logements ont été exclus du panel et n'ont pas été pris en compte dans l'exploitation des questionnaires et des résultats. L'étude approfondie des données recueillies portera donc sur 31 logements. Néanmoins, l'évaluation des risques sanitaires (cf. chapitre 6) a été réalisée pour les 34 logements.

3.1. Localisation des logements

Tous les logements étudiés se situent dans la vallée de l'Arve, vallée alpine de Haute Savoie. L'Arve est une rivière qui prend sa source dans le massif du Mont-Blanc pour se jeter en aval dans le Rhône.

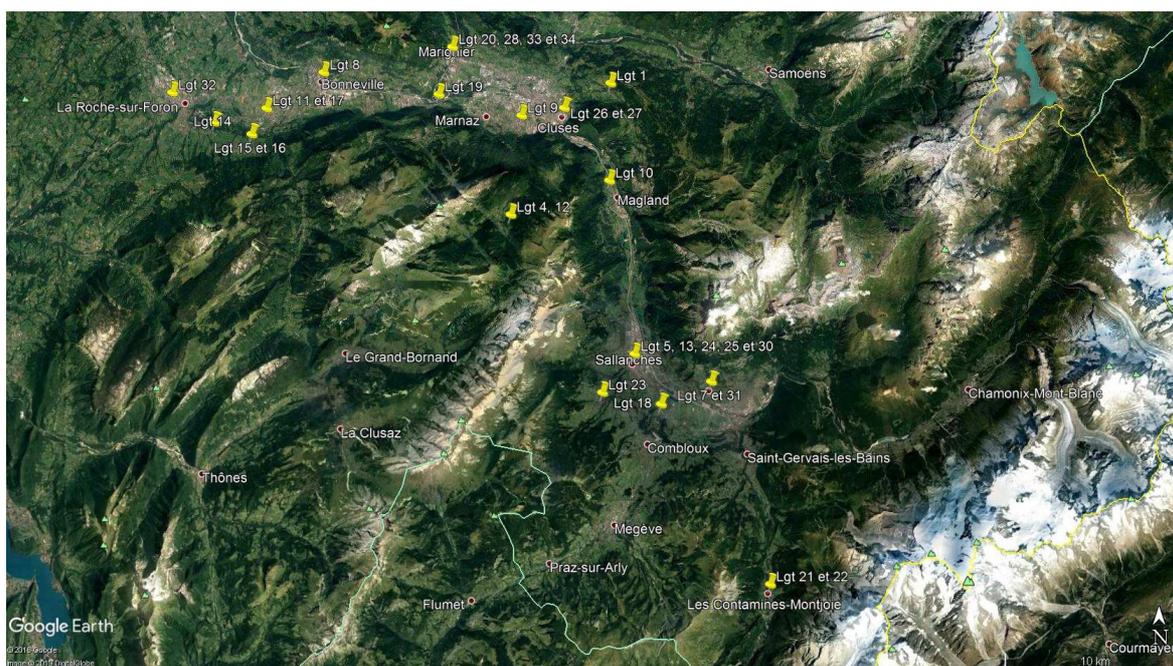


Figure 4 : Localisation géographique des logements

Selon leur localisation, certains logements sont à proximité de route à fort trafic, d'arrêt de bus, de parking, de zone industrielle ou de champs de culture (cf. Figure 5), autant de sources qui peuvent avoir des influences sur la qualité de l'air intérieur, notamment sur les concentrations en polluants recherchés.

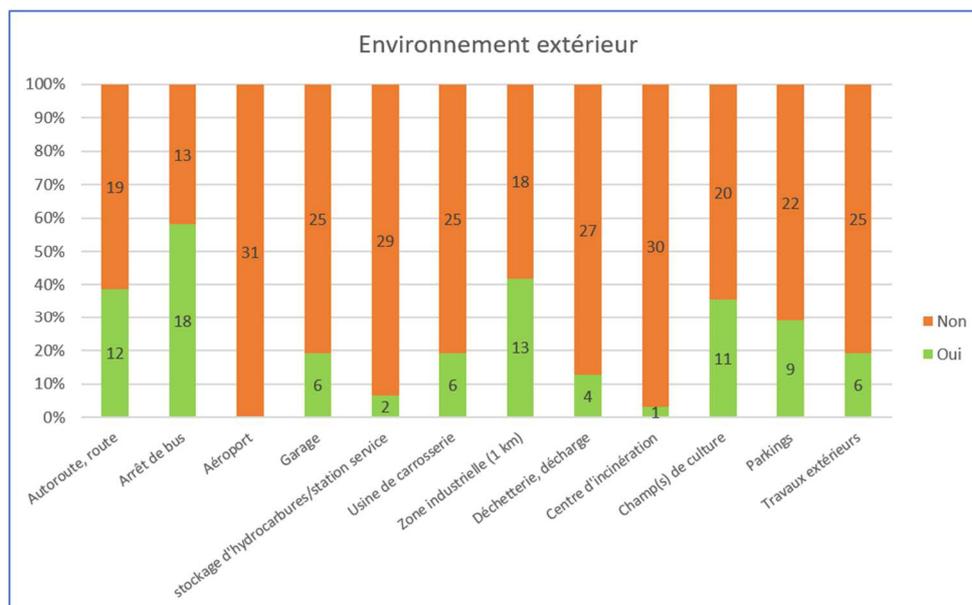


Figure 5 : Sources extérieures contributrices

La présence de travaux à l'extérieur du logement peut également être source de pollution de l'air intérieur. Le nombre de logements pour lesquels des travaux extérieurs ont été déclaré lors de la campagne « avant » est relativement similaire à la campagne « après ».



Figure 6 : Présence de travaux extérieurs

3.2. Description des logements

3.2.1. Description générale

Parmi les 31 logements constituant le panel, 13 logements ont une superficie inférieure à 100 m² et 16 ont une superficie supérieure à 100 m². L'information n'a pas été communiquée pour 2 logements. La majorité des logements (soit 21) comporte entre 1 et 2 occupants. Seul un logement héberge des enfants.

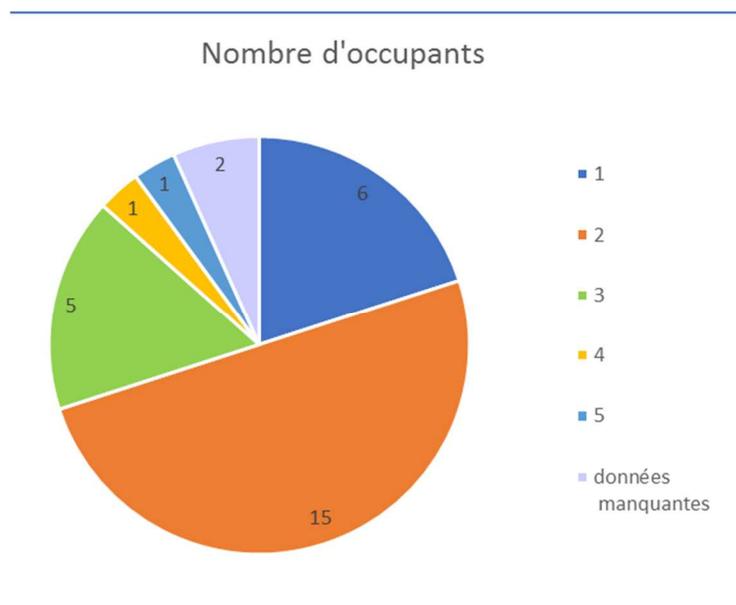


Figure 7 : Nombre d'occupants par logement

Tous les logements sont des bâtiments en dur de type maison ou chalet, dont 13 disposent d'un garage attenant. La majorité des logements a été construite entre 1950 et 2000, et la moitié a subi une rénovation. Ils sont tous équipés de double vitrage. 19 logements sont pourvus d'un système de ventilation simple flux. On note par ailleurs que 9 logements n'ont pas de système de ventilation (Cf. figure 8).



Figure 8 : Année de construction et/ou rénovation

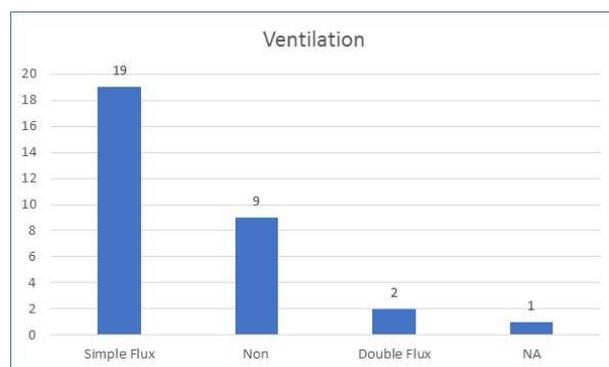


Figure 9 : Type de ventilation

La moitié des logements se chauffe principalement au bois et une grande majorité des autres logements utilise le chauffage au bois comme chauffage d'appoint avec une fréquence d'utilisation relativement élevée.

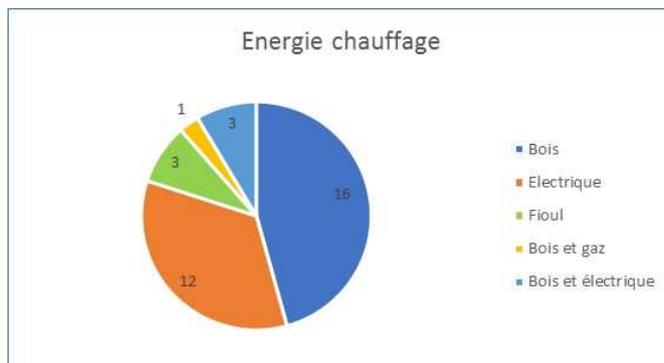


Figure 10 : Mode de chauffage principal du logement

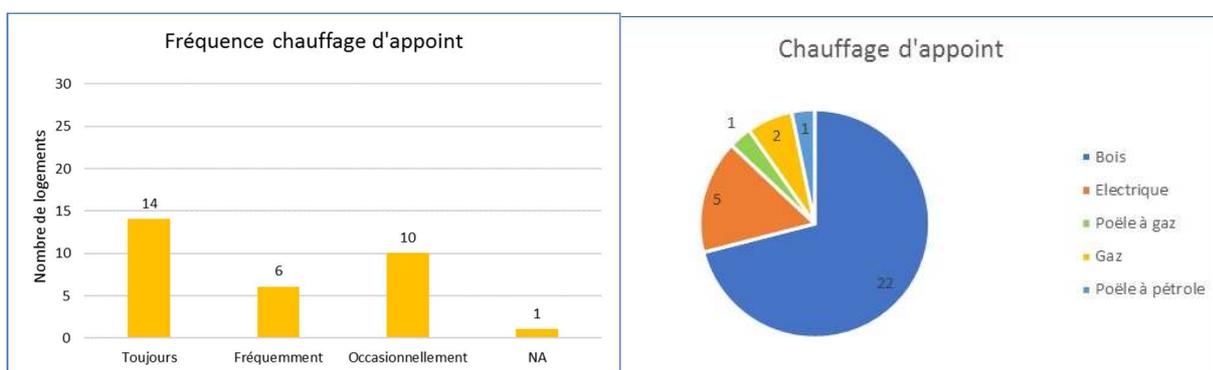


Figure 11 : Chauffage d'appoint du logement

En revanche, pour la production d'eau chaude, plus de 80% des logements utilisent l'électricité.

3.2.2. Points de prélèvement

Les mesures ont été réalisées dans 2 pièces distinctes :

- Celle dans laquelle se trouvait l'appareil de chauffage au bois appelée par la suite « Salon ». Les kits positionnés dans cette pièce se trouvaient en moyenne à 3,5 m de l'appareil.
- La chambre principale, qui servira de point de comparaison. Les kits installés dans la chambre sont en moyenne à 8 m de l'appareil de chauffage de bois.

Un détecteur CO a été déployé dans certains logements. Malheureusement, les ramoneurs ont rencontré des difficultés de mises en œuvre et de récupération des données. Aussi, aucune information n'a pas pu être capitalisée sur les teneurs CO dans les logements.

3.2.2.1. Le salon

En termes de mobilier ou d'équipement pouvant émettre des polluants, on note que les canapés présents dans les salons sont à part égale en tissu ou en cuir. Il faut noter qu'un canapé en tissu aura tendance à accumuler beaucoup plus qu'un canapé en cuir les différents polluants présents dans l'air intérieur et ainsi les relarguer sur une plus longue période. De plus, on note la présence d'une bibliothèque et d'une imprimante dans 40% et 20% des salons respectivement. Les livres ou magazines contenus dans une bibliothèque sont susceptibles d'émettre des aldéhydes et plus particulièrement de l'hexanal et du formaldéhyde. Quant aux imprimantes/photocopieurs, ils peuvent générer de l'acétaldéhyde [Kirchner *et al.*, 2007].

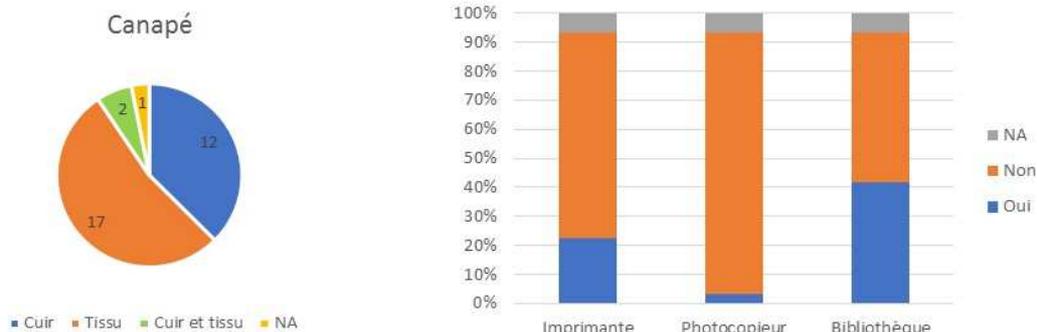


Figure 12 : Equipement du salon

Parmi les 31 logements, 20 ont une cuisine ouverte sur le salon, dont la majorité est équipée de hotte aspirante avec recyclage ou extraction d'air extérieur, limitant ainsi les apports de polluants liés aux appareils de cuisson. Les appareils de cuisson au même titre que les garages attenants peuvent être sources émettrices de benzène [Kirchner *et al.*, 2007]. Néanmoins, aucune information n'est disponible sur leur utilisation au cours des semaines de prélèvement.

Côté travaux dans le salon, seuls quatre logements ont procédé à la rénovation de leur carrelage au moment du changement d'appareil de chauffage au bois. Les travaux avec notamment l'utilisation de peinture, vernis, colle peuvent générer des concentrations élevées en air intérieur en Composés Organiques Volatils dont le toluène et les xylènes.

Enfin, cinq logements se sont équipés de mobiliers neufs dont 4 en bois massif. Cette information est essentielle dans la mesure où le bois aggloméré de moins de 6 ans est connu pour émettre en grande quantité des aldéhydes dont le formaldéhyde.

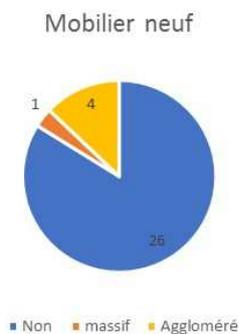


Figure 13 : Renouvellement du mobilier dans le salon

La Figure 8 montre que les logements sont principalement équipés d'une ventilation simple flux principalement installée dans les pièces humides. Les particuliers déclarent n'avoir dans le salon qu'une ventilation naturelle, via des grilles d'aération. Seuls deux d'entre eux déclarent avoir une centrale de traitement d'air dans le salon.

3.2.2.2. La chambre

Dans la chambre, se trouve pour 10% des logements une imprimante ou un photocopieur. Et pour un peu plus de 20% des logements, une bibliothèque est installée dans la chambre.

Les chambres de deux logements (logement 8 et 10) ont bénéficié de travaux portant sur la pose de parquet et sur la rénovation des murs avant le début de la première campagne. Enfin, seules les chambres de trois logements (logement 1, 9 et 25) ont vu leur mobilier changé avant le début du projet.



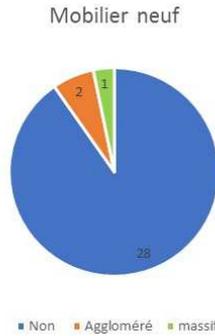


Figure 14 : Renouvellement du mobilier dans la chambre

3.3. Pratique des particuliers

Les personnes présentes dans le logement peuvent générer un certain nombre de polluants dans l'air intérieur par leurs activités quotidiennes : ménage, cuisine, bricolage, stockage des produits d'entretien, etc. A titre d'exemple, les Composés Organiques Volatils peuvent être émis par un bon nombre de produits d'entretiens, les peintures, vernis, colles. Or, la comparaison des pratiques des particuliers entre les deux campagnes de prélèvement (avant et après changement d'appareil), ne montre pas de différence majeure, et ce quelle que soit la source considérée (Figure 15).

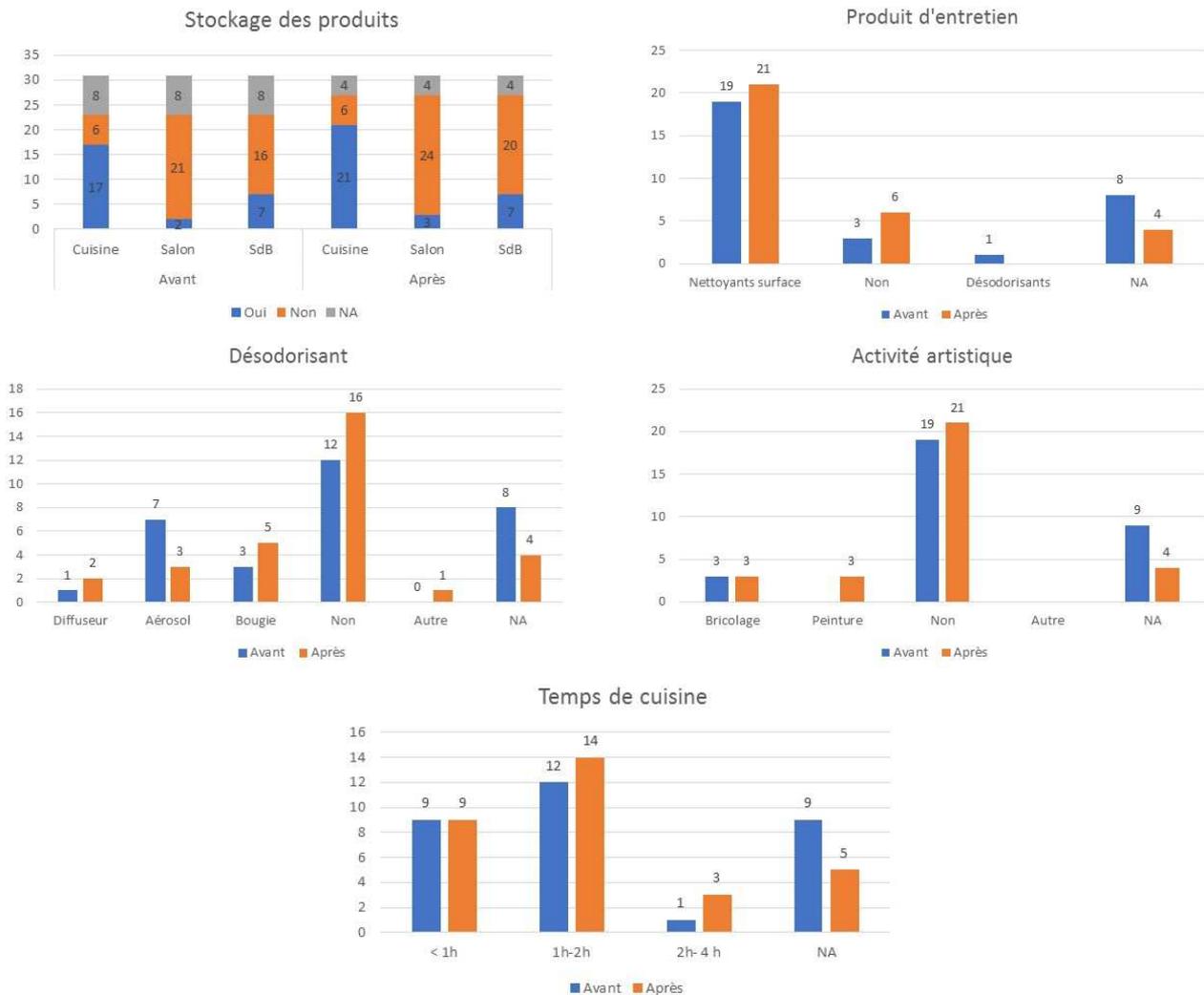


Figure 15 : Pratique quotidienne des volontaires

Au niveau des appareils de chauffage au bois, les anciens appareils étaient tous des foyers fermés, excepté un foyer ouvert (logement 31). Pour les nouveaux appareils installés, on trouve 55% d'appareils à bûches et 45% d'appareils à granulés (cf. tableau ci-dessous).

Logement	Campagne Avant	Campagne Après	Logement	Campagne Avant	Campagne Après
1	Foyer fermé	Poêle à granulés	18	Foyer fermé	Poêle à granulés
2	Foyer fermé	-	19	Foyer fermé	Poêle à bûches
3	Foyer fermé	-	20	Foyer fermé	Poêle à granulés
4	Foyer fermé	-	21	Foyer fermé	Poêle à granulés
5	Foyer fermé	Poêle à bûches	22	Foyer fermé	Poêle à bûches
6	Foyer fermé	Poêle à granulés	23	Foyer fermé	Poêle à granulés
7	Foyer fermé	Poêle à bûches	24	Foyer fermé	Poêle à bûches
8	Foyer fermé	Poêle à granulés	25	Foyer fermé	Poêle à bûches
9	Foyer fermé	Poêle à bûches	26	Foyer fermé	Poêle à granulés
10	Foyer fermé	Poêle à bûches	27	Foyer fermé	Poêle à bûches
11	Foyer fermé	Poêle à granulés	28	Foyer fermé	Poêle à bûches
12	Foyer fermé	Poêle à granulés	29	Foyer fermé	Poêle à granulés
13	Foyer fermé	Poêle à bûches	30	Foyer fermé	Poêle à bûches
14	Foyer fermé	Poêle à bûches	31	Foyer ouvert	Poêle à bûches
15	Foyer fermé	Poêle à bûches	32	Foyer fermé	Poêle à granulés
16	Foyer fermé	Poêle à granulés	33	Foyer fermé	Poêle à bûches
17	Foyer fermé	Poêle à granulés	34	Foyer fermé	Poêle à bûches

Tableau 3 : Type d'appareil de chauffage au bois

Concernant l'utilisation de l'appareil de chauffage au bois, il s'est avéré que :

- Pour cinq logements (logements 7, 9, 10, 18 et 23), le changement d'appareil s'est effectué au cours de la première semaine de prélèvement. Ainsi, pour ces cinq logements, la campagne de mesure « avant » n'est pas conforme à l'objectif, dans la mesure où il n'y a pas eu fonctionnement de l'ancien appareil pendant la durée complète du prélèvement.
- Pour les logements 16, 27 et 29, les particuliers déclarent ne pas avoir allumé leur chauffage au bois sur toute la durée du prélèvement de la première semaine.
- Pour le logement 21, l'appareil de chauffage n'a pas fonctionné lors de la seconde semaine de prélèvement.

L'objectif du projet étant de mesurer l'impact du remplacement de l'appareil de chauffage au bois sur la qualité de l'air intérieur, les résultats d'analyses correspondants à ces semaines de prélèvement sont considérés non conformes et ont été exclus du traitement statistique.

A ce stade, 22 logements peuvent être considérés conformes aux objectifs du projet, au regard des caractéristiques du logement et des pratiques des particuliers au cours des deux semaines de prélèvement.

Dans les logements pour lesquels le chauffage a fonctionné, on note d'après la figure ci-dessous que la durée de fonctionnement a augmenté après le changement d'appareil.

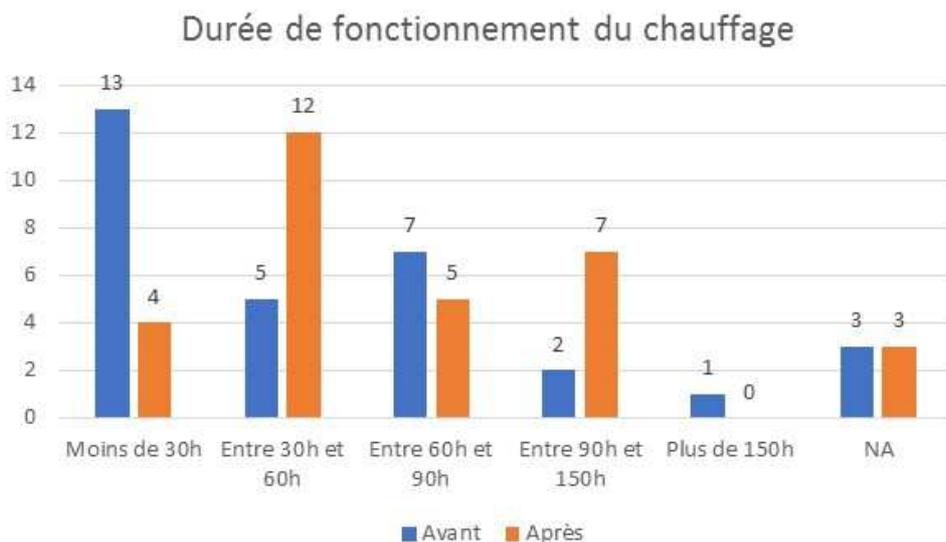


Figure 16 : Durée de fonctionnement de l'appareil de chauffage au bois sur une semaine

La durée moyenne quotidienne d'allumage de l'appareil de chauffage au bois varie de 0,6 h à 21,4 h lors de la campagne de prélèvement avant le changement d'appareil. Avec le nouvel appareil, cette durée moyenne quotidienne varie de 1 h à 18,1 h.

Concernant l'aération du salon et de la chambre, les particuliers déclarent majoritairement aérer tous les jours avec une fréquence d'une à deux fois par jour. Un seul logement n'a fait l'objet d'aucune aération ni de la chambre ni du salon lors d'une campagne « après ». Globalement, les habitudes d'aération n'ont pas été modifiées entre les deux campagnes de prélèvement.

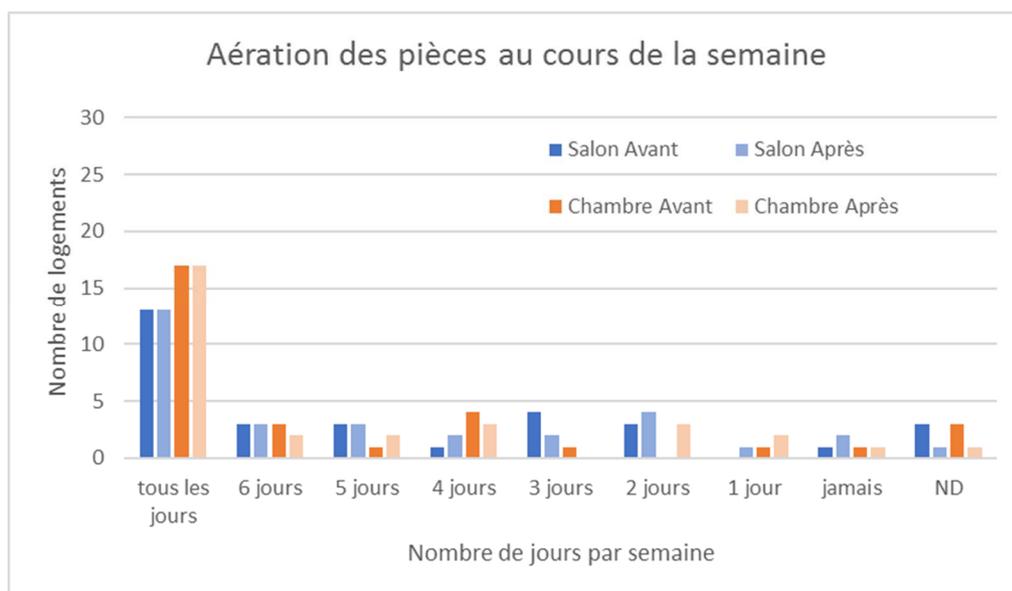


Figure 17 : Fréquence d'aération dans le salon et la chambre

3.4. Gestion des kits

L'installation des kits a été effectuée par le ramoneur. Ensuite, en fin de période de prélèvement, le renvoi du kit au laboratoire a été réalisé par le particulier lui-même, l'étiquette retour étant fournie. Cette étape a généré quelques soucis. En effet, certains kits (logement 13 et 25, campagne « avant ») ont été perdus au cours du transfert par la poste. Pour le logement 4, la 2nde campagne n'a pas pu être réalisée. Par ailleurs, pour 6 logements, les kits sont arrivés au laboratoire sans le tube de prélèvement des BTEX. Ces désagréments ne rendent pas les campagnes correspondantes non conformes mais diminuent le jeu de données pour le traitement statistique.

3.5. Conclusion

Au regard du Tableau 4, les résultats des campagnes « avant » et « après » sont disponibles (en orange dans le tableau ci-dessous) pour :

- 19 logements pour les aldéhydes,
- 15 logements pour les BTEX.

Concernant 12 logements pour les aldéhydes et 16 logements pour les BTEX (en bleu dans le tableau ci-dessous), seule une campagne sur les deux est disponible, conforme et exploitable. Dans ces logements, il n'est donc pas possible de mesurer l'impact du changement d'appareil de chauffage au bois sur la qualité de l'air intérieur pour les polluants considérés.

Enfin, 3 logements (en gris) ont été exclus de l'étude puisqu'ils ne répondaient pas aux objectifs initiaux (présence de fumeurs et chauffage non allumé au cours des deux semaines de prélèvement).

Logement	Campagne Avant	Campagne Après	Logement	Campagne Avant	Campagne Après
1	Conforme	Conforme	18	Non conforme	Conforme
2	Exclu		19	Conforme	Conforme
3	Exclu		20	Conforme	Conforme
4	Conforme	Kits non installés	21	Conforme	Non conforme
5	Conforme	Conforme	22	Conforme	Conforme
6	Exclu		23	Non conforme	Conforme
7	Non conforme	Conforme	24	Conforme	Conforme
8	Conforme	Conforme	25	Kits non reçus	Conforme
9	Non conforme	Conforme	26	Conforme	Conforme
10	Non conforme	Conforme	27	Non conforme	Conforme
11	Conforme	Conforme	28	Conforme	Conforme
12	Conforme	Conforme	29	Non conforme	Conforme
13	Kits non reçus	Conforme	30	Conforme	Conforme
14	BTEX manquant	Conforme	31	BTEX manquant	Conforme
15	BTEX manquant	Conforme	32	Conforme	Conforme
16	Non conforme	BTEX manquant	33	Conforme	Conforme
17	BTEX manquant	Conforme	34	Conforme	Conforme

Tableau 4 : Bilan du jeu de données

4. Résultats des campagnes

4.1. Valeurs repères retenues pour cette étude

Afin de positionner les concentrations mesurées dans l'air intérieur des logements par rapport à des niveaux de concentration visés ou potentiellement attendus, celles-ci ont été mises en perspective avec des « valeurs repères » par inhalation pour la population générale. Ce positionnement s'appuie sur :

- Les valeurs guides réglementaires : publiées au Journal Officiel (<http://www.legifrance.gouv.fr/>) dans des arrêtés ou des décrets, elles fixent des seuils réglementaires à ne pas dépasser dans certains types de bâtiment recevant du public (par exemple les bâtiments accueillant des enfants) ;



- Les valeurs guides : établies sous la forme d'avis ou de rapports par le Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP) (<http://www.hcsp.fr/Explore.cgi/AvisRapports>) ou l'Agence Nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) (<http://www.anses.fr/fr/content/avis-et-rapports-de-lanses-sur-saisine>) ;
- Les concentrations mesurées dans le cadre de la campagne nationale logements, conduite sur la période 2003-2005 par l'OQAI (Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur) dans 567 logements ;
- Les concentrations mesurées lors de la campagne pilote menée par les Conseillers en Environnement Intérieur (CEI), entre 2011 et 2012, dans 272 logements de particuliers avec l'appui technique et organisationnel de l'Ineris avec le même dispositif de prélèvement que pour le présent projet. Les CEI, intervenant sur prescription médicale, étaient chargés d'identifier les diverses sources d'allergènes et de polluants au domicile de personnes souffrant de maladies respiratoires ou allergiques liées à l'air intérieur.

Les valeurs réglementaires ou celles du HCSP correspondent à des valeurs de gestion, prenant en compte à la fois des critères sanitaires mais également d'autres types de critères : teneurs de bruit de fond existantes, aspects technico-économiques, etc.

Concernant les valeurs produites par le HCSP, deux types de valeurs de gestion sont utilisés dans la présente étude (HCSP, 2009) :

- Valeur d'action rapide, qui « correspond à un niveau de concentration tel que des travaux et actions d'amélioration sont nécessaires à court terme afin d'identifier les sources de pollution et de les neutraliser » ;
- Valeur repère de qualité d'air, qui correspond à « la valeur en dessous de laquelle il n'y a pas d'action spécifique à engager à court terme. Elle peut être considérée comme la teneur maximale acceptable pour une bonne qualité de l'air vis-à-vis du polluant considéré dans les conditions d'occupation régulière d'un local. » Une décroissance progressive vers la valeur guide d'air intérieur (VGAI) de l'Anses, valeur cible, est recommandée pour les concentrations dans les environnements intérieurs.

Notons que les VGAI de l'Anses utilisées dans le chapitre 6 sont basées uniquement sur des critères sanitaires.

Le Tableau 5 présente l'ensemble des valeurs repères relatives aux logements pour les agents chimiques recherchés.

	Formal-déhyde	Acétal-déhyde	Hexanal	Benzal-déhyde	Benzène	Toluène	Ethyl-benzène	m/P-xylène	o-xylène	Naphtalène
	(µg/m ³)									
Valeur action rapide HCSP	100				10					
Valeur repère HCSP	20				2					10
Valeur médiane OQAI ⁸	20	12	14		2,1	12	2,3	5,6	2,3	
Valeur médiane CEI ⁹	7				0,4	5,8	1,1	2,9	1,2	

Tableau 5 : Valeurs repères retenues pour cette étude

4.2. Résultats

Dans les tableaux 6, 7, 9 et 10, les valeurs présentées en vert sont celles supérieures aux concentrations mesurées dans le cadre de la campagne nationale réalisée par l'OQAI dans les logements. Les valeurs en orange sont supérieures à la valeur repère du Haut Conseil de Santé Publique. Enfin, les concentrations en rouge sont supérieures aux valeurs d'action rapide du Haut Conseil de Santé Publique.

4.2.1. Aldéhydes

Les tableaux 6 et 7 résument les résultats des campagnes avant/après pour les 19 logements pour lesquels les données sont disponibles. L'intégralité des résultats est présentée en annexe.

⁸ Campagne nationale logement OQAI – 2003-2005

⁹ Campagne pilote CEI – 2011-2012

		Concentrations en substance ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				
Logement	Prélèvement	Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Hexanal	Benzaldéhyde	
1	Avant	Salon	16,1	40,9	21,5	1,1
		Chambre	13,4	31,2	14,9	<1
	Après	Salon	8,5	14,7	27,7	1,1
		Chambre	10,1	15,6	20,1	0,7
5	Avant	Salon	9,5	13,4	13,8	<1,04
		Chambre	10,9	14,1	15,9	<1,04
	Après	Salon	9,79	16,81	20,99	<1,1
		Chambre	9,66	13,78	16,16	<1,1
8	Avant	Salon	25,2	14,1	16	<1,1
		Chambre	22,2	13,2	14,9	<1,1
	Après	Salon	19,6	6,8	13,7	1,3
		Chambre	20,8	6,8	5,7	1,2
11	Avant	Salon	30,7	17,4	8,1	<1,4
		Chambre	32,6	17,9	8,0	<1,4
	Après	Salon	23,1	7,8	22,6	2,8
		Chambre	26,9	9,4	14,7	2,2
12	Avant	Salon	15,1	10,7	22,0	<1,1
		Chambre	14,4	13,0	18,5	<1,1
	Après	Salon	8,5	11,1	19,6	1,1
		Chambre	6,2	11,4	20,7	1,2
14	Avant	Salon	23,4	12,2	7,2	<1,1
		Chambre	30,4	14,5	9,8	<1,1
	Après	Salon	17,4	10,5	6,7	0,8
		Chambre	19,6	11,2	9,6	0,7
15	Avant	Salon	15,6	8,5	20,7	<1,1
		Chambre	19	11,5	23,3	<1,1
	Après	Salon	23,6	13,2	33,1	1,6
		Chambre	24,4	13,2	37,4	1,4
17	Avant	Salon	14,5	16,5	6,8	<1,1
		Chambre	25,4	9,2	11,3	<1,1
	Après	Salon	17,7	9,3	17	0,9
		Chambre	25,5	9,9	23,8	1,2
19	Avant	Salon	43,8	15,5	16,9	<1,1
		Chambre	45,6	15,5	12,1	<1,1
	Après	Salon	30,6	25	21,8	<0,1
		Chambre	29,8	13,8	9,6	<0,1
20	Avant	Salon	28,9	10,1	8,5	<1,1
		Chambre	31,2	11	21,1	<1,1
	Après	Salon	10,2	8,1	16	0,6
		Chambre	10,9	10,2	18,3	0,6

Tableau 6 : Concentrations mesurées en aldéhydes « avant » / « après »



		Concentrations en substance ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				
Logement	Prélèvement	Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Hexanal	Benzaldéhyde	
22	Avant	Salon	29	10,1	11,4	<1,1
		Chambre	32,6	11,3	11,4	<1,1
	Après	Salon	10,3	6	11,1	0,6
		Chambre	9	5,3	9,9	0,6
24	Avant	Salon	13,2	4,6	9,1	<1,1
		Chambre	16,7	5,6	5,9	<1,1
	Après	Salon	26,5	9,7	6,6	<1,1
		Chambre	25,8	8,2	6,8	<1,1
26	Avant	Salon	73,6	23	19,9	<1,1
		Chambre	60,1	20,7	16,1	<1,1
	Après	Salon	27,2	8,2	10,9	0,8
		Chambre	26,9	7,6	10,2	0,8
28	Avant	Salon	26,8	9,6	12,7	<1,1
		Chambre	29,2	10,1	15,6	<1,1
	Après	Salon	13,4	10,4	11,8	1,2
		Chambre	13,8	10,7	14,1	1
30	Avant	Salon	53,3	19,2	13,6	<1,1
		Chambre	52,5	19	13,3	<1,1
	Après	Salon	15,8	9,4	8,3	0,7
		Chambre	16,4	9,8	9,3	0,6
31	Avant	Salon	21,8	7,2	5,6	1,3
		Chambre	11,1	3,9	3,7	1
	Après	Salon	17,5	6,1	9,1	0,6
		Chambre	17,1	5,9	10,5	<1,1
32	Avant	Salon	71,9	25	10,2	<1,1
		Chambre	53,7	18,9	15,1	<1,1
	Après	Salon	59,3	8,1	12	1,5
		Chambre	61	8,7	12,1	1,5
33	Avant	Salon	14	4,7	3,1	1,2
		Chambre	8,5	3	4,2	<1,1
	Après	Salon	23,3	10,1	31,1	<1,1
		Chambre	32,5	7,5	6,8	<1,1
34	Avant	Salon	12,2	4,2	6,2	<1,1
		Chambre	12,7	4,3	5,6	<1,1
	Après	Salon	10,5	5,7	17,5	0,7
		Chambre	18,3	5,7	15,6	0,7

Tableau 7 : Concentrations mesurées en aldéhydes « avant » / « après » (suite)

Pour le benzaldéhyde, les concentrations sont restées, la plupart du temps, en dessous ou autour de la limite de quantification. Elles n'ont jamais dépassé la valeur médiane obtenue lors de la campagne logement de l'OQAI.

Concernant l'hexanal, l'acétaldéhyde et le formaldéhyde, l'ensemble des valeurs obtenues globalement lors des campagnes « avant » et « après » ont une médiane équivalente à celle obtenue lors de la campagne logement de l'OQAI (2003-2005). Pour le formaldéhyde, les médianes sont toutes supérieures à la médiane des concentrations

issues de la campagne pilote CEI (2011-2012). Aucune valeur n'a dépassé la valeur d'action rapide du Haut Conseil de Santé Publique. Les informations issues des questionnaires ne permettent pas d'apporter d'explication aux concentrations élevées excepté pour les logements 15 et 26 qui déclarent respectivement avoir utilisé du parfum d'ambiance lors de la seconde semaine et une bougie lors de la première semaine.

La comparaison des valeurs médianes des campagnes « avant » et « après », montre une diminution pour les aldéhydes considérés sauf pour l'hexanal (Tableau 8).

		Concentrations en substance ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
		Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Hexanal
Avant	Min	8,5	3	3,1
	Max	73,6	40,3	23,3
	Médiane	23,4	12,2	12,1
Après	Min	6,2	5,3	5,7
	Max	61	25	37,4
	Médiane	18	9,5	13,9
Global	Min	6,2	3	3,1
	Max	73,6	40,9	37,4
	Médiane	20,2	10,3	13
OQAI	Médiane	20	12	14
CEI	Médiane	7	-	-

Tableau 8 : Minimum, maximum et médiane des concentrations en aldéhydes



4.2.2. BTEX

Le tableau suivant présente les résultats des campagnes avant / après pour les 15 logements dont les données sont disponibles. L'intégralité des résultats est présentée en annexe.

Logement	Prélèvement	Concentrations en substance ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						
		Benzène	Toluène	Ethylbenzène	m/P-xylène	o-xylène	Naphtalène	
1	Avant	Salon	3,6	3,6	2,4	0,5	2,1	0,3
		Chambre	4,4	4,3	2,8	6,4	2,6	0,4
	Après	Salon	0,7	1,7	1	1	0,9	0,5
		Chambre	0,7	1,8	1	1	0,9	0,2
5	Avant	Salon	2,5	27,4	8,1	28,4	12,3	<0,17
		Chambre	2,2	17,8	4,6	15,9	6,8	<0,17
	Après	Salon	5,37	26,29	6,57	8,16	8,49	<0,4
		Chambre	2,8	15,51	3,93	5,04	5,23	<0,4
8	Avant	Salon	6,2	119	19,1	81,3	27,3	0,2
		Chambre	6,1	94,6	16,7	70,9	24,1	0,2
	Après	Salon	2,4	16	4,2	19,5	8,4	<0,1
		Chambre	2,2	17,7	5,1	18,2	7,7	<0,1
11	Avant	Salon	5,3	32,0	5,4	6,9	20,4	<0,5
		Chambre	4,6	25,0	4,1	5,3	15,2	<0,5
	Après	Salon	5,4	23,6	4,8	18	4,7	<0,4
		Chambre	4,4	18,3	3,7	13,6	3,8	<0,4
12	Avant	Salon	4,3	40,8	6,9	8,5	88,6	<0,4
		Chambre	4,0	30,7	4,3	5,5	5,8	<0,4
	Après	Salon	11,3	29,4	12,2	16	13,3	<0,1
		Chambre	6,8	16,5	9,3	12,8	10,4	<0,1
19	Avant	Salon	1,8	4,2	1,4	5,6	1,8	<0,07
		Chambre	5,8	16,9	5,1	16	6,7	0,09
	Après	Salon	<0,1	0,1	0,3	1	1	0,4
		Chambre	<0,1	0,1	0,1	0,5	0,3	0,1
20	Avant	Salon	2,4	5	0,7	1,7	0,7	<0,08
		Chambre	3,1	8,2	1,2	3,5	1,6	<0,08
	Après	Salon	0,4	19,2	5,1	7,8	3,6	0,3
		Chambre	2,6	7	3,6	5,6	3,3	0,2
22	Avant	Salon	4,2	10,7	1,4	2,9	1,5	0,1
		Chambre	4,3	10,8	1,6	3,3	1,7	0,1
	Après	Salon	1,7	2,1	0,5	1,9	0,7	<0,08
		Chambre	1,4	1,7	0,4	1,3	0,4	<0,08
24	Avant	Salon	4,4	26,2	4,3	16,9	7,5	<0,3
		Chambre	4,7	24,2	3,6	13,6	6	<0,3
	Après	Salon	3,6	22	3,4	12,6	5,5	<0,3
		Chambre	3,6	18,2	3	11,4	5,6	<0,3

Tableau 9 : Concentrations mesurées en BTEX « avant » / « après »

		Concentrations en substance ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						
Logement	Prélèvement	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	m/P-xylène	o-xylène	Naphtalène	
26	Avant	Salon	4,5	11,2	1,9	4,4	2,1	0,1
		Chambre	2,8	5,6	0,8	1,8	0,9	1
	Après	Salon	1,7	5,5	1,8	1,9	0,7	0,2
		Chambre	1,8	4,9	2	1,5	0,5	<0,1
28	Avant	Salon	4,31	12,8	2,3	4,3	2	<0,1
		Chambre	0,9	2,4	0,3	0,8	0,4	<0,1
	Après	Salon	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1
		Chambre	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1
30	Avant	Salon	4,4	11,2	2,4	5,6	2,4	<0,1
		Chambre	6,4	18,2	3,5	8,7	4,1	0,1
	Après	Salon	2,9	6	1,8	4,2	1,8	0,1
		Chambre	2,7	5,9	1,7	4	1,6	<0,1
32	Avant	Salon	3,2	8,5	1,7	5,6	2,1	0,1
		Chambre	3,9	1,6	2,6	11,4	3,9	<0,1
	Après	Salon	<0,1	0,1	0,2	0,6	0,3	0,3
		Chambre	1,8	19,1	7,5	19,9	8,3	0,3
33	Avant	Salon	4,2	17,1	2,3	9,4	357,5	<0,4
		Chambre	1,9	3,7	0,8	3,2	1,4	<0,4
	Après	Salon	2,2	6,5	1	2,2	1	<0,1
		Chambre	3,2	8	1,2	3,2	1,5	0,5
34	Avant	Salon	2,4	4,7	0,6	2,3	1,3	<0,4
		Chambre	2,5	5	0,7	2,6	1,6	<0,4
	Après	Salon	5,3	5,8	6,4	13,5	6,2	0,1
		Chambre	3,7	3,8	3,6	8,8	4,2	0,7

Tableau 10 : Concentrations mesurées en BTEX « avant » / « après » (suite)

Pour le naphtalène, les concentrations sont restées la plupart du temps en dessous ou autour de la limite de quantification et inférieures à la valeur repère.

Concernant le toluène, l'éthylbenzène, le m/p-xylène et le o-xylène, l'ensemble des valeurs obtenues globalement lors des campagnes « avant » et « après » ont une médiane équivalente à celles obtenues lors de la campagne logement de l'OQAI (2003-2005).

Les médianes des concentrations mesurées en BTEX sont toutes supérieures à la médiane des concentrations issues de la campagne pilote CEI.

En revanche, pour le benzène, les médianes des campagnes « avant » et « après » sont supérieures à la médiane de la campagne logement de l'OQAI (Cf. Tableau 11). On note tout de même une diminution des médianes entre la campagne « avant » et la campagne « après ». Toutefois, on relève une concentration mesurée dans le salon du logement 12 lors d'une campagne « après » légèrement supérieure à la valeur d'action rapide du Haut Conseil en Santé Publique. Au cours de cette semaine-là, le particulier déclare avoir réalisé des travaux de peintures, source normalement aujourd'hui non émettrice de benzène. Par ailleurs, il mentionne n'avoir aéré qu'une seule fois dans la semaine alors que pendant la campagne « avant », il avait aéré une fois par jour. La source émettrice de benzène n'a pas été identifiée mais le manque d'aération peut accentuer le problème.

La comparaison des valeurs médianes des campagnes « avant » et « après », montre une diminution pour les BTEX.

		Concentrations en substance ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				
		Benzène	Toluène	Ethylbenzène	m/P-xylène	o-xylène
Avant	Min	0,9	1,6	0,3	0,5	0,4
	Max	6,4	119	19,1	81,3	357,5
	Médiane	4,2	11,2	2,4	5,6	2,4
Après	Min	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1
	Max	11,3	29,4	12,2	19,9	13,3
	Médiane	2,7	6,7	2,5	4,6	2,5
Global	Min	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1
	Max	11,3	119	19,1	81,3	357,5
	Médiane	3,6	10,7	2,4	5,5	2,5
OQAI	Médiane	2,1	12	2,3	5,6	2,3
CEI	Médiane	0,4	5,8	1,1	2,9	1,2

Tableau 11 : Minimum, maximum et médiane des concentrations en BTEX

5. Analyse statistique

5.1. Comparaison avant / après

Afin d'évaluer la significativité des variations des concentrations observées avant et après renouvellement des appareils, le test paramétrique de Student ou le test non paramétrique de Wilcoxon ont été utilisés. Le test de Student est utilisé pour comparer deux moyennes. Le test de Wilcoxon permet, quant à lui, de s'affranchir des conditions sur la distribution des données. En règle générale, la significativité d'un test peut être qualifiée selon les trois seuils suivants : 1 %, 5 % et 10 %. Dans nos analyses, le seuil de significativité est fixé à 5%. Plus la p-value est faible, plus les résultats sont significatifs. Les critères de significativité sont présentés dans le tableau ci-dessous.

P-value	Significativité
$\leq 0,001$	très fortement significative (***)
$0,001 < p\text{-value} \leq 0,01$	fortement significative (**)
$0,01 < p\text{-value} \leq 0,05$	moyennement significative (*)
$0,05 < p\text{-value} \leq 0,1$	faiblement significative (+)
$> 0,1$	non significative (ns)

Tableau 12 : Critères de significativité

Les tests ont porté uniquement sur les logements pour lesquels le jeu de données était complet, i.e. les concentrations avant et après étaient disponibles, et ce pour chaque polluant.

Tout d'abord et quel que soit le polluant, il apparaît qu'il n'y a pas de différence significative entre les concentrations mesurées dans la chambre et celles mesurées dans le salon. Aussi, pour l'impact du changement d'appareil, les tests ont été réalisés sur l'ensemble des concentrations mesurées dans la chambre et dans le salon.

Concernant le benzaldéhyde et le naphtalène, les concentrations mesurées étant extrêmement faibles, voire pour la plupart du temps inférieures aux limites de quantification, il n'est pas pertinent de faire des comparatifs statistiques.

Pour les autres polluants, le Tableau 13 présente les résultats des tests statistiques.

- Pour le benzène, l'éthylbenzène et le m/p-xylène, il apparaît qu'aucune différence significative des concentrations mesurées avant et après le changement d'appareil n'a été mise en évidence.

- En revanche, pour le formaldéhyde, l'acétaldéhyde, le toluène et l'o-xylène, les valeurs « avant » sont en moyenne significativement supérieures aux valeurs « après », avec une forte significativité pour le formaldéhyde et le toluène.
- A contrario, pour l'hexanal, les concentrations « avant » sont en moyenne significativement inférieures aux concentrations « après ».

Polluant	Significativité	Test	Commentaire
Formaldéhyde	***	Test de Student	$C_{\text{avant}} > C_{\text{après}}$
Acétaldéhyde	*	Test de Wilcoxon	$C_{\text{avant}} > C_{\text{après}}$
Hexanal	*	Test de Wilcoxon	$C_{\text{avant}} < C_{\text{après}}$
Benzaldéhyde	Les concentrations sont majoritairement inférieures à la limite de quantification		
Benzène	ns	Test de Wilcoxon	
Toluène	***		$C_{\text{avant}} > C_{\text{après}}$
Ethylbenzène	ns	Test de Wilcoxon	
m/p-xylène	ns	Test de Wilcoxon	
o-xylène	*	Test de Wilcoxon	$C_{\text{avant}} > C_{\text{après}}$
Naphtalène	Les concentrations sont majoritairement inférieures à la limite de quantification		

Tableau 13 : Test statistique sur les concentrations « avant » / « après »

Pour les polluants pour lesquels les concentrations « avant » sont significativement différentes des concentrations « après », des boîtes à moustaches sont proposées.

La « boîte à moustaches » est une représentation graphique des données statistiques (cf. Figure 18). Les bords du rectangle représentent les premier et troisième quartiles. Les extrémités des segments sont calculées en utilisant 1,5 fois la distance interquartile. Le trait horizontal correspond à la médiane. Enfin, les points à l'extérieur des rectangles sont des valeurs s'écartant sensiblement de la distribution.

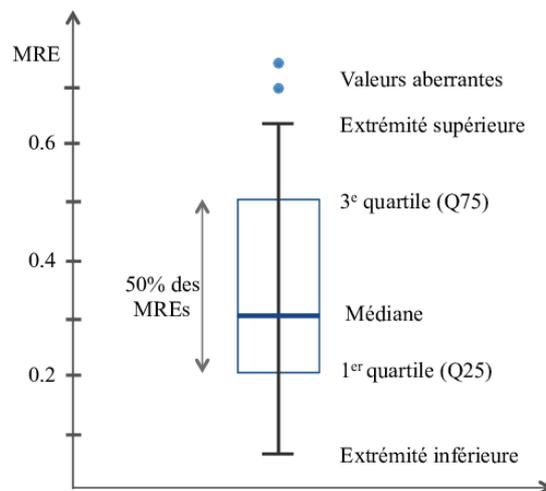


Figure 18 : Représentation d'une boîte à moustaches

Dans le cas où une concentration est inférieure à la limite de quantification, elle sera considérée comme égale à la moitié de la limite de quantification pour le traitement statistique.

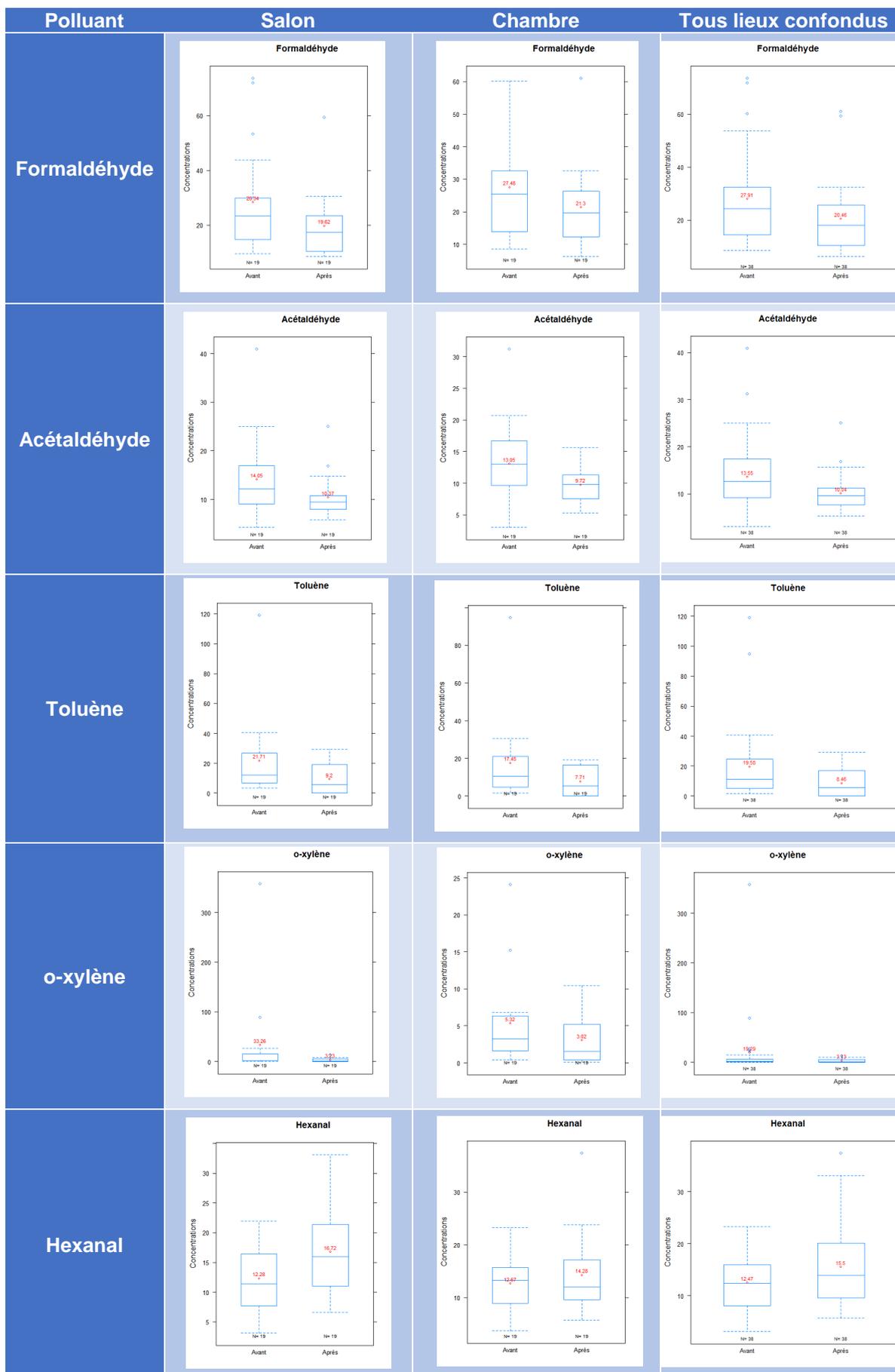


Tableau 14 : Boîtes à moustaches des polluants ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) pour lesquels les concentrations « avant » sont significativement différentes de celles « après » (la moyenne est notée en rouge)

Néanmoins, il est difficile de relier spécifiquement pour chaque logement le changement d'appareil de chauffage avec l'évolution des concentrations en polluants. Tout d'abord, rappelons que les mesures avant et après renouvellement des appareils n'ont pas été forcément réalisées dans les mêmes conditions. En effet, la représentativité des mesures par rapport aux pratiques individuelles de chauffage a été privilégiée dans le cadre du projet, en laissant chaque particulier gérer le fonctionnement de son appareil (durée de fonctionnement, charge introduite, gestion des entrées d'air et de l'allure notamment). Par exemple, des prélèvements ont pu être effectués avant renouvellement lors du fonctionnement du chauffage à allure réduite et à allure nominale après renouvellement, ou inversement, selon les besoins en chauffage du logement au moment de la campagne de mesure.

Par ailleurs, de nombreuses sources intérieures peuvent contribuer à l'apport en polluants (travaux, ménage, cuisine), tout comme les pratiques (durée de fonctionnement de l'appareil, temps d'aération).

En outre, les nouveaux appareils de chauffage au bois sont nettement plus performants dans la mesure où la combustion est plus complète avec des appareils plus étanches. La prise d'air de ces appareils se fait la plupart du temps directement à l'extérieur du logement. Ainsi, le fonctionnement de ces appareils ne provoque pas le renouvellement de l'air de la pièce dans laquelle il est installé, contrairement au fonctionnement d'un appareil y prenant l'air directement. Ce raisonnement est valable indépendamment du système de ventilation présent dans le logement.

Tous ces paramètres (sources intérieures, pratiques, prise d'air de l'appareil, etc.) peuvent avoir une incidence sur les concentrations mesurées.

5.2. Impact de la durée de fonctionnement de l'appareil

Selon la Figure 16, la durée de fonctionnement de l'appareil de chauffage au bois est très variable d'un logement à un autre. Globalement, la durée a augmenté après le changement d'appareil. Mais elle varie tout de même de 2 à 150 h avant et de 7 à 127 h après. Cette variation pourrait avoir un impact sur les concentrations mesurées en polluants.

Cependant, l'étude statistique montre que, quel que soit le polluant, il n'y a aucune corrélation entre les concentrations « avant » d'une part et les concentrations « après » d'autre part, pour la durée de fonctionnement de l'appareil sur la semaine de prélèvement et les concentrations mesurées en polluants. Néanmoins, ce résultat doit être pris avec prudence dans la mesure où la variabilité des concentrations dépend de beaucoup d'autres facteurs externes.

5.3. Impact de la typologie d'appareil

Une analyse a été effectuée pour savoir s'il y a une corrélation entre le type d'appareil de chauffage et les concentrations mesurées en polluants. Parmi les 31 logements, l'appareil de chauffage au bois initialement en fonction était pour tous les logements des foyers fermés excepté un foyer ouvert. Il n'est donc pas pertinent de faire une étude statistique pour les mesures « avant ».

En revanche, parmi les 29 campagnes « après » conformes aux objectifs du projet (cf. Tableau 4), 12 appareils installés sont des poêles à granulés contre 17 poêles à bûches. Une comparaison des concentrations en polluants en fonction du type d'appareil a été effectuée. Seules les concentrations en hexanal sont significativement différentes en fonction du type de poêle, avec des concentrations plus fortes lorsqu'on est en présence d'un poêle à granulés.

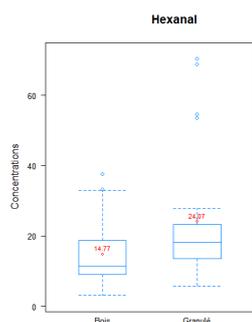


Figure 19 : Concentrations en hexanal ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en fonction du type de poêle

Une étude de Soto-Garcia *et al.* apporte des informations très intéressantes sur la capacité des granulés de bois à s'oxyder et à émettre des composés volatils sur une période significative. Les résultats de laboratoire ont montré en effet que le stockage de granulés en bois produisait des émissions de COV (principalement méthanol, pentane, pentanal, hexanal) qui diminuent avec le temps. Ces 4 substances majoritaires sont liées à la décomposition du bois. [Soto-Garcia *et al.*, 2015]. La proximité des lieux de stockage des granulés avec le salon ou le réservoir en lui-même pourrait être un facteur d'explication.

5.4. Impact de la présence d'un garage attenant

Parmi les 31 logements étudiés, 13 d'entre eux déclarent posséder un garage attenant à la maison. Or, de par sa fonction, le garage est une source non négligeable en composés organiques volatils dont les BTEX en lien avec la présence de carburants.

Il apparaît que les concentrations sont significativement plus élevées pour le formaldéhyde, le benzène et le toluène lorsqu'il y a un garage attenant au logement. Cette différence peut notamment s'expliquer par la présence d'un véhicule mais aussi par le stockage de produits de décoration ou de matériels à moteur thermique (tondeuse...).

La taille de l'échantillon n'a pas permis de distinguer les typologies « avant » et « après ».

Polluant	Significativité
Formaldéhyde	*
Acétaldéhyde	ns
Hexanal	ns
Benzaldéhyde	Les concentrations sont majoritairement inférieures à la limite de quantification
Benzène	*
Toluène	**
Ethylbenzène	ns
m/p-xylène	ns
o-xylène	ns
Naphtalène	Les concentrations sont majoritairement inférieures à la limite de quantification

Tableau 15 : Test statistique sur les concentrations « avant » / « après »

5.5. Impact des rejets à l'émission (en air extérieur)

Afin de mettre en perspective les résultats de cette étude avec ceux obtenus dans le projet CARVE (Ineris, 2019), le lien entre la teneur en CO mesurée à l'émission (en air extérieur) et les concentrations en polluants dans l'air intérieur a été étudié. En effet, le projet CARVE a montré que le suivi du CO était un bon indicateur des émissions de particules dans l'air extérieur liées au chauffage au bois.

L'étude statistique montre qu'il existe un lien entre les émissions de CO en air extérieur et les concentrations dans l'air intérieur en :

- formaldéhyde « avant »,
- hexanal « après »,
- toluène « après ».

Notons néanmoins que, même si les liaisons sont significatives, le modèle explique peu la variabilité des concentrations. Le R² reste inférieur à 10% et ne varie pas dans le même sens. Aussi, ces corrélations (Figure 20) sont à prendre avec beaucoup de prudence. Comme cela a déjà été écrit plus haut, de nombreux paramètres externes peuvent influencer ces résultats.

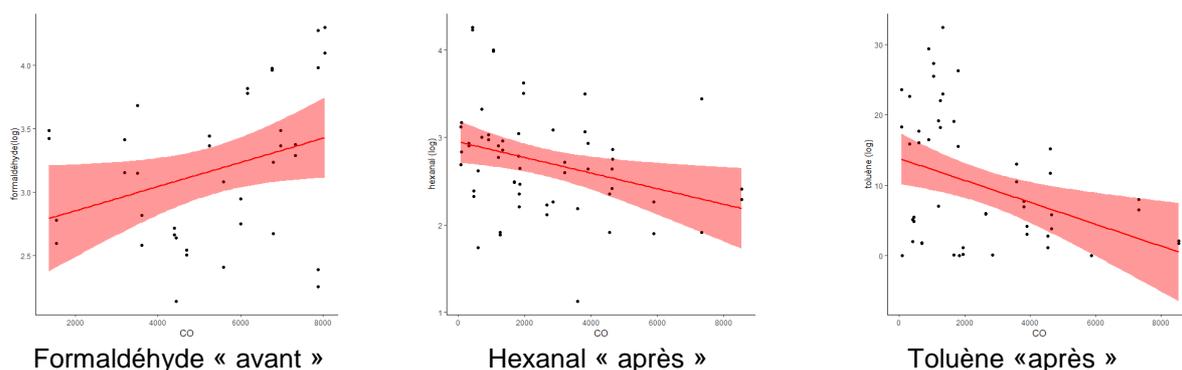


Figure 20 : Corrélation entre la mesure en CO à l'émission et certains polluants intérieurs.
En rouge : la droite de corrélation et son intervalle de confiance à 95%

6. Interprétation sanitaire

En complément de l'analyse portant sur l'évolution de qualité de l'air intérieur (en termes de composition) suite à un changement d'appareil de chauffage, les concentrations mesurées ont également fait l'objet d'une analyse du point de vue sanitaire, selon un premier niveau d'approche. Cette analyse a pour objectifs :

- D'apprécier les enjeux sanitaires associés aux concentrations mesurées ;
- D'identifier, parmi les substances volatiles mesurées, les substances présentant les risques les plus élevés ;
- De caractériser l'évolution des risques liée aux changements d'appareils considérés.

Concernant le champ de la présente étude, les expositions et les risques étudiés portent sur :

- Des substances volatiles : l'évaluation considère uniquement la voie d'exposition par inhalation ;
- Une occupation des bâtiments de type domestique ;
- Les concentrations mesurées dans le cadre du présent projet. En particulier, d'autres appareils de chauffage pourraient générer des émissions différentes, et donc des risques différents.

6.1. Méthodologie

6.1.1. Méthode retenue pour l'analyse sanitaire : la démarche ERS

6.1.1.1. Présentation de la démarche ERS

La démarche d'évaluation des risques sanitaires (ERS) a été initialement développée par l'Académie des sciences américaine [NRC, 1983 ; NRC, 2009]. Elle est aujourd'hui utilisée dans de nombreux contextes, en France et à l'international. En particulier, elle constitue une méthode classique en santé environnementale [Ineris, 2003 ; Ineris, 2013 ; Dab, 2007 ; Bard, 1995 ; InVS, 2000], applicable dans le contexte de l'air intérieur [Trantallidi et al., 2015 ; DGPR, 2017].

La démarche ERS comprend classiquement quatre étapes :

1. Identification des dangers ;
2. Évaluation des relations dose-réponse ;
3. Évaluation des expositions ;
4. Caractérisation des risques.

Cette progression logique se retrouve dans le présent rapport :

1. Les substances toxiques considérées sont celles qui ont été ciblées par les mesures de concentrations réalisées dans le présent projet ;
2. La caractérisation de la toxicité des substances émises est fournie à la section 6.2.1, selon la méthode présentée à la section 6.1.1.2 ci-dessous ;
3. L'évaluation des expositions est fournie à la section 6.2.2, selon les scénarios présentés à la section 6.1.1.3 ci-dessous ;
4. La caractérisation des risques est fournie à la section 6.2.3, selon les indicateurs présentés à la section 6.1.1.4 ci-dessous.

6.1.1.2. Caractérisation de la toxicité des substances chimiques

6.1.1.2.1. Valeurs toxicologiques de référence (VTR)

La toxicité d'une substance correspond aux effets qu'une exposition est susceptible de générer sur la santé humaine. Ces effets peuvent être décrits :

- Qualitativement : mécanismes, organes cibles, données populationnelles, etc.
- Quantitativement : concentration admissible dans l'air, excès de risque associé à une exposition, etc.

Lorsque le niveau d'exposition croît, le premier effet sanitaire qui apparaît est appelé « effet critique ». Pour la voie inhalation, des valeurs toxicologiques de référence (VTR) permettent de définir la relation quantitative entre, d'une part, un niveau d'exposition et, d'autre part, la possibilité ou la probabilité d'apparition de l'effet critique. On parle de « relation dose-effet ».

Les VTR sont établies sur la base des connaissances toxicologiques et épidémiologiques actuellement disponibles.

Concernant les expositions chroniques, selon les mécanismes toxiques mis en jeu, deux types d'effets sanitaires sont considérés :

- Les effets apparaissant à partir d'un seuil de dose d'exposition.
 - Dans ce cas, une VTR représente le seuil en-dessous duquel aucun effet sanitaire n'est attendu. Au-delà de ce seuil, un effet sanitaire est possible. On parle de « VTR chronique à seuil ».
 - Pour une exposition par inhalation, ces VTR s'expriment en masse de substance par mètre cube d'air inhalé ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ;
- Les effets qui peuvent apparaître quelle que soit la dose d'exposition.
 - La plupart de ces effets sont cancérogènes-génotoxiques.
 - Dans ce cas, une VTR représente la probabilité supplémentaire¹⁰ qu'un effet apparaisse suite à une exposition à une unité de dose pendant une vie entière. On parle de « VTR chronique sans seuil » ou d'« Excès de Risque Unitaire » (ERU).

Les VTR sans seuil s'expriment dans une unité inverse de celle de l'exposition : pour la voie inhalation, il s'agit de ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)⁻¹.

Concernant les expositions de courte durée, soit entre quelques heures et quelques jours, également appelées « expositions aiguës », seules des VTR à seuil sont disponibles. On parle de « VTR aiguës », qui s'expriment en masse de substance par mètre cube d'air inhalé ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

6.1.1.2.2. Règles de choix de VTR

Pour chaque substance considérée dans la présente étude, un recensement et un choix de VTR ont été effectués, conformément à la méthode établie par la Direction générale de la santé (DGS) et par la Direction générale de la prévention des risques (DGPR), décrite dans la Note d'information n° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014. Ce recensement et ce choix se sont appuyés sur le Portail Substances Chimiques de l'Ineris (<https://substances.ineris.fr/>), qui a pour objectif de rassembler les valeurs caractérisant la toxicité des substances, selon la méthode décrite dans cette note.

En France, l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) a pour mission d'élaborer des VTR. [Anses, 2018a] : ces VTR ont été retenues en priorité.

Pour le cas particulier des expositions par inhalation dans les environnements intérieurs, l'Anses propose également des Valeurs guides de l'air intérieur (VGAI) pour certaines substances d'intérêt [Anses, 2018b]. Les VGAI sont élaborées par un groupe d'experts pluridisciplinaire, en utilisant des principes méthodologiques proches de ceux utilisés pour l'élaboration des VTR [Anses, 2016] ; en particulier, les VGAI sont fondées sur des critères sanitaires, uniquement, et ont pour objectif de « préserver la population générale de tout effet néfaste lié à l'exposition aérienne » aux substances considérées. Les VGAI ont donc également été retenues en priorité, dans le cadre de la présente évaluation.

¹⁰ C'est-à-dire comparée à une absence d'exposition

Lorsque l'Anses n'avait élaboré ni VTR ni VGAI pour certaines des substances étudiées, six bases de données de référence ont été consultées. Ces bases sont exploitées par les organismes suivants :

- Agence Américaine de Protection de l'Environnement - USEPA ;
- Agence Américaine des Substances Toxiques et du Registre des Maladies - ATSDR ;
- Organisation Mondiale de la Santé - OMS / Programme international sur la sécurité des produits chimiques - IPCS ;
- Ministère Fédéral Canadien pour la Santé - Santé Canada ;
- Institut National de Santé Publique des Pays-Bas - RIVM ;
- Bureau Américain pour l'Évaluation des Dangers en Santé Environnementale – OEHHA.

À l'issue de la consultation de ces bases, plusieurs VTR peuvent être recensées pour une même substance, pour les mêmes voie et durée d'exposition, ainsi que pour le même type d'effet. Dans ce cas, un choix a été fait entre les deux possibilités suivantes :

1. Une expertise nationale a été réalisée, postérieurement à la date de parution de la VTR la plus récente, et recommande un choix de VTR. Dans ce cas, ce choix a été retenu pour l'étude.
 - L'Anses et l'Ineris sont les organismes qui produisent la majorité des expertises de ce type.
 - Les recommandations de l'Anses sont formalisées par un tableau récapitulatif, disponible en ligne [Anses, 2019]. Les recommandations de l'Ineris, réalisées selon une méthode décrite dans un rapport dédié [Bisson, 2016], sont détaillées dans les Fiches de données toxicologiques et environnementales (FDTE), disponibles sur le Portail Substances Chimiques de l'Ineris et listées dans l'onglet « Santé » [Ineris, 2019]. Un bilan des choix de VTR réalisés par l'Ineris est formalisé par un rapport régulièrement mis à jour ; à la date de rédaction du présent rapport, la dernière version a été publiée en janvier 2018 [Ineris, 2018].
2. Aucune recommandation de l'Anses ou de l'Ineris n'est disponible pour la substance étudiée. Dans ce cas :
 - La VTR retenue est la VTR la plus récente parmi celles des bases de l'USEPA, de l'ATSDR et de l'OMS ;
 - Si aucune VTR n'a été trouvée à ce stade, alors la VTR retenue est la VTR la plus récente parmi celles des bases de Santé Canada, du RIVM et de l'OEHHA.

Concernant les substances pour lesquelles aucune VTR chronique n'était disponible parmi les bases précitées (dans le cas de QAI Arve : benzaldéhyde et hexaldéhyde), d'autres valeurs de référence ont été collectées : les Concentrations Limites d'Intérêt (CLI).

Les CLI sont construites dans le cadre de caractérisations des émissions de certains produits de consommation courante : produits de constructions et de revêtements, meubles, etc.

Pour la présente étude, les CLI retenues sont celles qui ont été construites :

- Lors de travaux récents de l'Anses [Anses, 2015] ;
- Par le Groupe de travail sur les CLI européennes (EU-LCI Working Group) de la Commission Européenne [JRC, 2015 ; Commission Européenne, 2018a], auquel l'Anses participe.

Les CLI n'ont pas le statut de VTR. Néanmoins, leur méthode de construction est proche de celle des VTR à seuil [Commission Européenne, 2018b et c] : elles constituent donc des références d'intérêt, qui peuvent être mises en regard des expositions calculées, à titre d'information complémentaire.

Concernant les substances pour lesquelles aucune VTR chronique ni aucune CLI n'était disponible parmi les sources précitées, d'autres valeurs de référence ont été collectées : les valeurs guides d'air intérieur allemande, construites par le Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR - soit en français, Comité pour des valeurs guides à l'intérieur) [AIR, 2018a et b]. Deux types de valeurs sont disponibles :

- Les valeurs guides de type 2, qui sont basées sur « un seuil d'effet et qui prennent en compte des facteurs d'incertitudes. Elle représente la concentration de la substance pour laquelle, en cas d'atteinte ou de dépassement, une action immédiate est requise, dans le sens où cette concentration pourrait présenter un danger sanitaire, spécialement pour les populations sensibles qui résident dans ces espaces pour de longues périodes de temps ».
- Les valeurs guides de type 1, qui « représentent la concentration d'une substance dans l'air intérieur pour laquelle, si considérée individuellement, il n'y a pas de preuve actuellement que même une exposition sur la vie entière soit attendue comme associée à des impacts sanitaires néfastes. Pour des enjeux de précaution, il existe aussi un besoin d'action quand la concentration se trouve entre la valeur guide de type 1 et la valeur guide de type 2. [...] La valeur guide de type 1 peut jouer le rôle de valeur cible [...] Elle est calculée à partir de la valeur guide de type 2 par l'introduction d'un facteur additionnel par convention ».



Pour la présente étude, dans l'objectif de s'assurer de la protection des populations, les valeurs guides de type 1 ont été préférentiellement retenues.

Concernant les expositions de courte durée, des « VTR aiguës » et des « VGAI court terme » (VGAI_{CT}) permettent, notamment, de caractériser les risques liés à des expositions de courte durée.

Concernant les VTR aiguës, afin d'être cohérent avec la durée de la période de mesure des concentrations disponibles :

- Les VTR de l'ATSDR, « *Acute Minimal Risk Levels* », ont été retenues en priorité, car elles correspondent à une durée d'exposition comprise entre 1 et 14 jours ;
- Les VTR de l'OEHHA, « *Acute Reference Exposure Levels* », ont été retenues dans les cas où l'ATSDR ne proposait pas de VTR, car elles correspondent à une durée d'exposition d'une heure.

6.1.1.3. Evaluation des expositions

6.1.1.3.1. Expositions chroniques - scénario retenu

Dans la démarche ERS, un scénario d'exposition est un ensemble d'hypothèses portant sur les usages, le comportement et l'environnement des personnes considérées, permettant d'évaluer leurs expositions chroniques. A partir de concentrations dans l'air, ce scénario permet de calculer les concentrations moyennes auxquelles ces personnes sont exposées, appelées « concentrations inhalées » (CI).

Logement

En première approche, sept pièces de logement ont été retenues pour la présente étude : cuisine, chambre, salle de bain, salon / salle à manger, toilettes (WC), hall d'entrée et cellier/débaras. Les caractéristiques de ces pièces (Tableau 16) correspondent notamment à celles retenues :

- Pour l'ERS du projet EPHECT [Dimitroulopoulou *et al.*, 2015], de préférence, car cette ERS est une référence en Europe pour l'air intérieur ;
- Par défaut dans le modèle Consexpo de l'Institut National de Santé Publique des Pays-Bas (*Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu - RIVM*) [te Biesebeek, 2014].

Pièces	Volumes (m ³)	Temps de présence journalière (h/j)
Cuisine	30	2,75
Chambre	45	8,5
Salle de bain	24	1
Salon / salle à manger	90	5,75
WC	5	0,5
Hall d'entrée	12	0,5
Cellier/Débaras	10	0,5

Tableau 16 : Volume et temps de présence journalière pour chaque pièce considérée

Ce « Budget Espace-Temps » correspond approximativement à celui des groupes de personnes *Housewives* (Femmes au foyer) et *Retired People* (Retraités) définis dans le cadre du projet EPHECT. Ce choix majeure raisonnablement les expositions, car ces groupes de personnes sont ceux passant le plus de temps à domicile.

Le taux de renouvellement d'air (TRA) est supposé être le même pour chaque pièce.

Concentrations dans les pièces du logement

Dans un premier niveau d'approche, pour chaque logement considéré, la présente ERS se base sur plusieurs hypothèses simples et majorantes :

- Les concentrations mesurées représentent les concentrations moyennes annuelles présentes dans le logement. Ces concentrations sont supposées :
 - Être homogènes dans chaque pièce,
 - Pour chaque substance, correspondre à l'atteinte de l'équilibre entre les apports (flux provenant du chauffage ou de la pièce où se situe le chauffage) et le flux sortant (dû au renouvellement d'air) ;

- Compte tenu que les deux seules concentrations disponibles portent sur le salon (où l'appareil de chauffage est supposé être localisé) et sur une chambre du logement, l'apport de substances depuis le salon est supposé être le même pour chaque autre pièce.

Nombre d'années d'exposition au cours d'une vie

Compte tenu de l'usage classique d'appareils de chauffage tout au long de la vie, le nombre d'années d'exposition est choisi égal à 70 ans. Par convention, ce temps correspond à une vie entière. Ce choix majore raisonnablement les expositions.

Concentrations inférieures à la limite de quantification

A défaut d'informations complémentaires sur ces mesures correspondant à des substances détectées mais non-quantifiées (par exemple certaines concentrations en naphthalène), ces concentrations ont été considérées comme égales à la limite de quantification. Ce choix majore raisonnablement les expositions.

6.1.1.3.2. Expositions de courte durée

Les concentrations mesurées correspondent à des périodes de sept jours. Elles peuvent donc être considérées, en tant que telle, comme correspondant à des expositions de courte durée, associées à un type de toxicité spécifique (cf. section 6.1.1.2).

6.1.1.4. Caractérisation des risques par un calcul d'indicateurs

Concernant les effets chroniques à seuil et la voie inhalation, pour chaque scénario et chaque substance émise par chaque produit, le risque a été quantifié par un Quotient de danger (QD) défini de la manière suivante :

$$QD = \frac{CMI}{VTR_{AS-inh}}$$

Où :

- CMI est la Concentration moyenne inhalée ;
- VTR_{AS-inh} est la Valeur toxicologique de référence à seuil retenue, pour la voie inhalation.

Concernant les effets chroniques sans seuil, pour chaque scénario et chaque substance émise par chaque produit, le risque est exprimé par un Excès de Risque Individuel (ERI) défini de la manière suivante :

$$ERI = CMI \times VTR_{SS-inh} \times \frac{\text{Nombre d'années d'exposition}}{\text{Durée de vie}}$$

Où :

- CMI est la Concentration moyenne inhalée ;
- VTR_{SS-inh} est la Valeur toxicologique de référence sans seuil, pour la voie inhalation ;
- la durée de vie est égale à 70 ans, par convention.

Classiquement, le risque est considéré comme non préoccupant lorsque les QD et les ERI sont inférieurs, respectivement, aux valeurs repères « 1 » et « 10^5 », usuellement retenues au niveau mondial par les organismes en charge de la protection de la santé [Ineris, 2013 ; DGPR-DGS, 2013].

Selon une logique similaire, les ratios CMI/VGAI et CMI/CLI ont été comparés avec la valeur repère usuelle « 1 ».

Concernant les expositions de courte durée, dans une approche de premier niveau, pour chaque logement, la concentration maximale « avant » (C_{av}) et la concentration maximale « après » (C_{ap}) ont été comparées aux VTR_{aigues} et aux $VGAI_{CT}$ retenues.

En pratique, pour homogénéiser et faciliter la lecture des tableaux de résultats, des ratios « (C_{ap} ou C_{av}) / (VTR_{aigue} ou $VGAI_{CT}$) » ont été calculés et comparés à la valeur repère « 1 ».

6.2. Résultats de l'évaluation des risques sanitaires (ERS)

6.2.1. Choix de valeurs de toxicité

Sur la base des règles de choix décrites à la section 6.1.1.2.2, un choix de valeurs de toxicité a été effectué pour chaque substance considérée. L'ensemble des valeurs retenues est détaillé dans le Tableau 17.



L'annexe 5 fournit les sources d'information pour plusieurs substances d'intérêt connues pour leur toxicité.

AS	Paramètres	Date expertise nationale*	VTR inh AS ou CLI ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Organisme	Année VTR	Date expertise nationale*	VTR inh SS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ₁	Organisme	Année VTR	Date expertise nationale*	VTR aigue ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Organisme	Année VTR	Effets Critiques - commentaires
75-07-0	Acétaldéhyde	2017	1,6.10 ²	ANSES (VGAI _{LT})	2014	Effets cancérigènes couverts par la VGAI				2017	3,0.10 ³	ANSES (VGAI _{CT})	2014	AS : dégénérescence de l'épithélium olfactif SS : cancers des voies respiratoires (épithéliomes nasaux) Aigu : bronchoconstriction chez les asthmatiques objectivée par une diminution de 20 % du volume expiratoire maximum en une seconde (VEMS)
100-52-7	Benzaldéhyde		2,0.10 ¹	AIR	2010	-	-	-	-	-	-	-	-	
71-43-2	Benzène	2012	1,0.10 ¹	ANSES	2008	2015	2,6.10 ⁻⁵	ANSES	2013	-	3,0.10 ¹	ANSES	2008	AS : troubles immunologiques SS : leucémies aiguës Aigu : effets hématologiques non cancérogènes prenant en compte des effets cumulatifs du benzène
100-41-4	Ethylbenzène	-	1,50.10 ³	ANSES	2016	-	-	-	-	-	2,2.10 ⁴	ANSES	2016	AS : effet ototoxique - Perte de cellules ciliées externes dans l'organe de Corti SS : reins Développement de tumeurs rénales chez le rat mâle (non retenue par ANSES 2016 sans pour autant démontrer sa non-pertinence ; retenue ici par prudence) Aigu : ototoxicité - Déplacement du seuil auditif
50-00-0	Formaldéhyde	Effets chroniques couverts par le respect de la VGAI court terme, de manière répétée et continue pour toute la journée.								-	1,0.10 ²	ANSES (VGAI _{CT})	2018	Aigu : irritation oculaire
66-25-1	Hexaldéhyde - hexanal	-	9,0.10 ²	EU-LCI WG	2013					-	-	-	-	AS : irritation du système respiratoire
108-38-3	m-xylène	-	1,0.10 ²	US EPA	2003					-	-	-	-	AS : irritation oculaire et de la gorge. Effets sur le système nerveux central
95-47-6	o-xylène	-	1,0.10 ²	US EPA	2003					-	-	-	-	AS : irritation oculaire et de la gorge. Effets sur le système nerveux central



106-42-3	p-xylène	-	1,0.10 ²	US EPA	2003					-	-	-	-	AS : irritation oculaire et de la gorge. Effets sur le système nerveux central
108-88-3	Toluène	-	2,0.10 ⁴	ANSES (VGAI _{LT})	2018					-	2,0.10 ⁴	ANSES (VGAI _{CT})	2018	AS : effets neurologiques (troubles de la vision des couleurs) Aigu : effets neurologiques (Discrimination visuelle et mesure électroencéphalographique)
91-20-3	Naphtalène	2015	3,7.10 ¹	ANSES	2013	2015	5,6.10 ⁻⁶	ANSES	2013	-	-	-	-	AS : lésions de l'épithélium respiratoire et olfactif SS : neuroblastomes de l'épithélium olfactif

* Le cas échéant : date de l'expertise nationale formalisant un choix de VTR.

** Date de construction ou de dernière révision.

Où :

- VTR_{AS-inh} signifie Valeur Toxicologique de Référence à seuil, pour la voie inhalation et pour des expositions chroniques ;
- VTR_{SS-inh} signifie Valeur Toxicologique de Référence sans seuil, pour la voie inhalation et pour des expositions chroniques ;
- VTR_{a-inh} signifie Valeur Toxicologique de Référence aiguë, pour la voie inhalation ;
- VGAI_{LT} signifie Valeur Guides de qualité d'Air Intérieur pour des expositions de Long Terme ;
- VGAI_{CT} signifie Valeur Guides de qualité d'Air Intérieur pour des expositions de Court Terme ;
- CLI signifie Concentration Limite d'Intérêt ;
- Org. signifie Organisme producteur.

Tableau 17 : Valeurs de toxicité retenues pour l'évaluation des risques sanitaires (ERS)

NB : plusieurs logements ont été exclus de l'analyse de l'évolution de la composition de l'air intérieur, présentée aux paragraphes précédents (hors ERS), pour diverses raisons incluant : présence de fumeurs, fonctionnement partiel (parfois absence de fonctionnement) des appareils de chauffage, changement d'appareil effectué au cours de la première semaine de prélèvement. Néanmoins, puisque des concentrations ont été mesurées pour ces logements dans le cadre du projet, elles ont fait l'objet d'une analyse du point de vue sanitaire.

6.2.2. Evaluation des expositions – résultats obtenus

Pour chaque concentration mesurée, une concentration inhalée (CI) a été calculée à partir du scénario d'exposition présenté à la section 6.1.1.3.1. L'ensemble des CI calculées est détaillé en annexe 6.

A titre d'illustration, une synthèse des CI minimales, médianes, moyennes et maximales est fournie dans le Tableau 18, pour chaque substance considérée.

Substances	n° CAS	Min.	Max.	Med.	Moy.
Formaldéhyde	50-00-0	8,0	7,6.10 ¹	2,4.10 ¹	2,8.10 ¹
Acétaldéhyde	75-07-0	4,0	5,1.10 ¹	1,3.10 ¹	1,7.10 ¹
Hexaldéhyde - hexanal	66-25-1	4,8	8,4.10 ¹	1,7.10 ¹	2,0.10 ¹
Benzaldéhyde	100-52-7	1,2.10 ⁻¹	2,8	1,3	1,3
Benzène	71-43-2	1,2.10 ⁻¹	1,4.10 ¹	3,7	4,0
Toluène	108-88-3	1,2.10 ⁻¹	1,5.10 ²	1,1.10 ¹	2,1.10 ¹
Ethylbenzène	100-41-4	1,2.10 ⁻¹	4,0.10 ¹	3,8	5,7
m/p-xylène	108-38-3 106-42-3	1,2.10 ⁻¹	1,2.10 ²	7,3	1,6.10 ¹
o-xylène	95-47-6	1,2.10 ⁻¹	8,7.10 ¹	4,5	9,2
Naphtalène	91-20-3	9,6.10 ⁻²	9,9.10 ⁻¹	2,5.10 ⁻¹	3,2.10 ⁻¹

Où :

- Min. signifie valeur minimale ;
- Max. signifie valeur maximale ;
- Med. signifie valeur médiane ;
- Moy. signifie valeur moyenne.

Tableau 18 : Expositions chroniques – Concentrations inhalées (CI - µg/m³)

6.2.3. Caractérisation des risques

6.2.3.1. Risques chroniques

Pour chaque substance mesurée dans chaque logement, sur la base des valeurs de toxicité retenues et des expositions évaluées, des indicateurs de risques (QD, ERI, ratios CI/VGAI - CI/CLI) ont été calculés. Le détail des résultats est présenté en annexe 7.

Les principaux résultats de l'ERS sont les suivants :

Des dépassements des valeurs repères usuelles sont obtenus pour le benzène :

- Pour les effets à seuil : logement n°29, avec un QD de 1,4 pour la période « avant ».
 - Après le changement d'appareil de chauffage, le QD a diminué à environ 0,7, soit une valeur inférieure à la valeur repère « 1 »,
- Pour les effets sans seuil : logements de n°1 à 13 et de 18 à 34, soit plus de 80 % des logements considérés, avec un ERI moyen de 1,1.10⁻⁴ et un ERI maximal de 3,6.10⁻⁴ (logement n°29).
 - Ces résultats suggèrent un besoin de diminuer les expositions chroniques au benzène.
 - Néanmoins, sur l'ensemble des concentrations en benzène disponibles, seules quatre concentrations sont nettement supérieures au percentile 95 (7,2 µg/m³) des concentrations mesurées pendant la Campagne nationale logements, conduite sur la période 2003–2005 par l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) [Kirchner, 2007] : 8,5 µg/m³ (logement 10, « salon avant »), 11,3 µg/m³ (logement 12, « salon après »), 10,5 et 11,7 µg/m³ (logement 29, « salon avant » et « chambre avant »).



Pour ces concentrations :

- Concernant le logement n°10, compte tenu que le changement d'appareil a été effectué au cours de la 1^{ère} semaine de mesure (période « avant »), la concentration qui était présente dans la pièce avant ce changement pourrait avoir été supérieure à 8,5 µg/m³,
- Concernant le logement n°29, le chauffage n'était pas allumé pendant la période « avant ». D'autres sources de benzène ont donc contribué aux concentrations mesurées ;

Un dépassement de la valeur repère des effets à seuil, de faible ampleur (QD = 1,2), a été obtenue pour le m/p-xylène et pour la période « avant » du logement n°3.

Pour ce logement :

- la présence de fumeurs a été relevée ;
- les mesures de BTEX (dont m/p-xylène) n'étaient pas disponibles pour la période « après ».
- Les substances présentant un indicateur de risque supérieur à 20 % d'une valeur repère usuelle sont les suivantes : benzène, xylènes, acétaldéhyde, formaldéhyde, naphthalène.

Concernant le benzène dans les logements qui peuvent être considérés comme conformes aux objectifs du projet, après le changement d'appareil, on constate une diminution d'indicateurs de risques pour certains logements (n°1, 8, 19, 22, 26, 28, 30, 32), à des risques approximativement équivalents pour d'autres (n°5, 11, 20, 24, 33, 34) et à une augmentation pour le logement n°12.

Cas particuliers :

Pour le logement n°12 :

- Un parking « contigu ou en sous-sol » est relevé dans l'environnement extérieur ;
- La cuisine est « ouverte » et du butane ou du propane y est utilisé comme combustible, source potentielle de benzène ;
- Des activités de peinture ont été relevées pendant la période « après », et pas pendant la période « avant ».

Pour les logements n°19 et 28, après le changement d'appareil, on constate que le logement est passé d'une situation préoccupante (au moins un indicateur dépasse une valeur repère usuelle) à une situation non préoccupante (tous les indicateurs sont inférieurs aux valeurs repères usuelles).

Aucun changement d'appareil n'a conduit d'une absence de situation préoccupante à une situation préoccupante concernant les risques chroniques pour les polluants étudiés.

6.2.3.2. Risques aigus (expositions de courte durée)

Pour chaque substance mesurée dans chaque logement, sur la base des valeurs de toxicité retenues et des concentrations maximales « avant » (C_{av}) et « après » (C_{ap}), des ratios « (C_{ap} ou C_{av}) / (VTR_{aigue} ou $VGAI_{CT}$) » ont été calculés et comparés à la valeur repère « 1 ». Le détail des résultats est présenté en annexe 8.

Tous les ratios calculés sont inférieurs à « 1 », ce qui suggère **une absence de situation préoccupante** pour ces types d'effets.

Depuis 2018, la toxicité du formaldéhyde est caractérisée uniquement par une VGAI de court terme [Anses, 2018c]. Cette VGAI_{CT} est égale à 100 µg/m³ et porte sur une exposition de 1 à 4 heures.

Les concentrations mesurées dans QAI Arve sont des moyennes portant sur des périodes de plusieurs jours. Ces concentrations ne permettent donc pas d'assurer l'absence de dépassements de la VGAI_{CT} du formaldéhyde. Par exemple, des concentrations moyennes sur 7 jours dépassant 60 ou 70 µg/m³ pourraient inclure des dépassements de la VGAI_{CT} sur des périodes de 1 à 4 heures.

6.2.4. Incertitudes de l'ERS

Incertitudes concernant la caractérisation des émissions dans l'air intérieur des logements

Les émissions des appareils chauffage dans l'air intérieur des logements ont été caractérisées par des concentrations mesurées en conditions réelles, pendant sept jours, dans une sélection de plus de 30 logements. L'utilisation de ces appareils a correspondu à des usages courants.

⇒ *Ces conditions de mesures ont permis d'approcher des conditions réalistes d'émissions, limitant les incertitudes associées à des mesures en laboratoire. En particulier, elles ont permis de prendre en compte la potentielle formation de composés secondaires¹¹.*

Les concentrations en naphtalène sont exprimées en « équivalent toluène », à la suite d'un dosage semi-quantitatif : les valeurs correspondantes diffèrent de celles qui auraient été obtenues avec une mesure spécifique.

⇒ *D'après l'expérience de l'Ineris, ces différences sont de faible ampleur pour le naphtalène, notamment au regard des autres incertitudes de l'ERS. En particulier, elles ne sont pas de nature à modifier les conclusions de la présente étude.*

Incertitudes concernant l'évaluation des expositions

Les concentrations inhalées (CI) ont été élaborées à partir des concentrations mesurées dans les logements sélectionnés. Cette élaboration s'est basée sur des hypothèses simples : uniformité des concentrations dans chaque pièce, influence identique du salon (où est supposé être localisé l'appareil de chauffage) sur chaque autre pièce, taux de renouvellement d'air uniforme dans chaque pièce de maison, etc.

⇒ *Les incertitudes liées à ces hypothèses sont difficilement quantifiables avec les informations disponibles. Leur influence sur les risques chroniques peut être considérée comme probablement limitée et inférieure aux autres incertitudes de l'ERS.*

Dans une pièce de maison réelle, le renouvellement de l'air et la distribution des concentrations sont hétérogènes. Cette hétérogénéité est plus ou moins marquée, en fonction [Simon et al., 2001 ; Salthammer, 2011 ; Bourgogne Bâtiment Durable, 2015] :

- Des caractéristiques des bouches d'aération. Par exemple : débit d'air, vitesse, disposition dans la pièce ;
- Des caractéristiques de la (des) source(s) d'émissions. Par exemple : flux de substances, localisation dans la pièce.

Pour une zone donnée, l'« âge de l'air » est le temps moyen passé par une masse d'air dans cette zone, avant d'être renouvelée. Une pièce peut présenter certaines « zones mortes », où l'âge de l'air est jusqu'à dix fois supérieur à celui d'autres zones de la pièce [Bourgogne Bâtiment Durable, 2015].

En fonction de la distribution spatiale d'âges de l'air considérée, chaque zone de la pièce pourrait correspondre à des concentrations locales significativement différentes, plus élevées ou plus faibles, par rapport à celles estimées en supposant des concentrations uniformes dans la pièce.

⇒ *Cette incertitude pourrait amener à sous-estimer ou à surestimer les risques aigus associés à certaines configurations (caractéristiques de la pièce, caractéristiques des appareils de chauffage, zone de l'utilisation), de façon non quantifiable avec les données disponibles.*

La quantification des expositions s'est basée sur des choix de volume de pièces de maison et de temps de présence journalier par pièce.

Ces choix ont été effectués en tenant compte des paramètres retenus pour l'ERS du projet EPHECT [Trantallidi et al., 2015 ; Dimitroulopoulou et al., 2015]. Pour mémoire, EPHECT est un projet mené au niveau européen et daté de 2013, auquel l'Ineris a contribué.

Les valeurs de paramètres utilisées dans EPHECT sont principalement issues de sondages et de revues bibliographiques spécialisées. Ces sources de données ont permis d'obtenir des valeurs de paramètres spécifiques à plusieurs zones géographiques restreintes.

⇒ *L'influence des incertitudes correspondantes sur les risques évalués peut être considérée comme faible.*

En particulier, le salon et la (les) chambre(s) sont les pièces associées aux temps de présence les plus élevés.

⇒ *Disposer de mesures dans ces deux pièces permet de limiter les incertitudes associées à l'évaluation des expositions.*

¹¹ Ces substances sont produites par une réaction chimique dans l'air intérieur, à partir de substances déjà présentes (ozone, oxydes d'azote, etc.) et de substances dites « primaires », c'est-à-dire directement émises par les appareils de chauffage.



Incertitudes concernant la quantification des risques

Concernant la toxicité des substances retenues, les relations dose-effet ont été caractérisées à l'aide de VTR disponibles dans des bases de référence (OMS, US-EPA, ATSDR, etc.), ainsi que de valeurs dont le processus d'élaboration est proche de celui des VTR : VGAI et CLI récentes.

- ⇒ *Lors de la construction de ces valeurs, des facteurs d'incertitude protecteurs sont appliqués aux données toxicologiques disponibles, afin de tenir compte des incertitudes liées aux extrapolations inter-espèces et à la variabilité inter-individuelle. Pour la plupart des substances, cette incertitude conduit à une surestimation du risque calculé, spécifique à chaque substance. Elle peut, plus exceptionnellement, conduire à une sous-estimation du risque sanitaire évalué, également non-quantifiable.*

Lorsque plusieurs VTR existent pour une même substance et une même voie d'exposition, et qu'aucune expertise nationale n'est disponible, le choix s'est conformé aux règles de la note d'information N° DGS/EA1/DGPR/2014/307, qui fait référence en la matière.

Les écarts entre les VTR d'une même substance sont généralement limités (facteur 2 à 3), exceptionnellement supérieurs à 10.

- ⇒ *L'influence de cette incertitude sur le risque évalué est spécifique à chaque substance. La méthode de choix retenue permet de la limiter.*

L'étude a porté sur une sélection de réduite de 10 substances. En particulier, les HAP autres que le naphthalène et les particules ne font pas partie du champ de l'ERS. Compte tenu que le chauffage au bois se base sur la combustion de matière organique à l'intérieur de bâtiments, ces substances pourraient présenter des enjeux.

- ⇒ *Des mesures d'autres HAP et de particules constitueraient des suites utiles à QAI Arve, qui permettraient de mieux caractériser les risques associés au chauffage au bois.*

Les quantifications de risques ont été effectuées substance par substance [DGPR, 2013]. Les effets des mélanges de substances sont aujourd'hui imparfaitement quantifiables dans les ERS.

A titre indicatif, faute de connaissances spécifiques sur les effets des mélanges considérés, sommer les indicateurs de risque, pour l'ensemble des substances et par type d'effet ($\sum QD$, $\sum ERI$), est une pratique classique de premier niveau d'approche [Ineris, 2013].

Dans la même logique, pour le cas particulier de la présente ERS, les QD (basés sur des VTR) ont été sommés avec les ratios incluant des CLI ou des VGAI allemandes.

6.3. Conclusion de l'ERS

Les principaux résultats sont les suivants :

- Pour les effets à seuil, 13 logements présentent une somme d'indicateurs qui dépasse la valeur repère « 1 », dont 5 logements en période « après ». L'ampleur de ces dépassements est de faible à modérée ; la moyenne de l'ensemble des sommes d'indicateurs est d'environ 0,9 ; la moyenne des sommes d'indicateurs dépassant « 1 » est d'environ 1,5 et la somme maximale est égale à 2,7.
 - Le benzène, les xylènes et l'acétaldéhyde sont les principaux contributeurs aux valeurs des sommes d'indicateurs calculées.
 - Concernant spécifiquement la période « après », la moyenne des sommes d'indicateurs dépassant « 1 » est de 1,5 et la somme maximale est égale à 2,3.
- Pour les effets sans seuil, 30 logements présentent une somme d'indicateurs supérieure à la valeur repère « 10^{-5} ». Ces dépassements peuvent être élevés et sont principalement dus aux risques associés au benzène (cf. section 6.2.3.1). Les contributions du naphthalène, sont systématiquement inférieures à 60 % de la valeur repère ; elles dépassent 50 % pour trois logements.

Ces résultats indicatifs suggèrent un besoin de diminuer les expositions des habitants aux polluants considérés dans l'étude. Ce besoin est plus faible pour la période postérieure au renouvellement de l'appareil domestique (« après »).

Au global, le benzène, le naphthalène, les xylènes et l'acétaldéhyde sont les principaux contributeurs aux valeurs des sommes d'indicateurs calculées. A l'exception du logement n°3 où la présence d'un fumeur a été relevée, le benzène est la seule substance présentant des dépassements de valeur repère.

Les travaux n'ont pas permis de mettre en évidence de lien avéré entre les expositions observées et des sources potentielles spécifiques.

7. Conclusion

Le processus de recrutement des logements volontaires a été une étape primordiale dans la réalisation de ce projet. De nombreuses difficultés sont apparues au cours de cette étape qui ont entraîné la constitution d'un panel de logements plus petit que celui prévu à l'origine du projet, et qui a malgré tout nécessité un allongement de la durée initialement prévue. Ainsi, pour le projet QAI ARVE, 34 logements au lieu des 40 prévus ont bénéficié de mesures.

Les kits mis à disposition des particuliers pour réaliser les prélèvements ont été parfaitement déployés. Ce dispositif simple d'utilisation, peu encombrant et peu coûteux a montré la faisabilité d'une auto-évaluation par des utilisateurs non avertis. Seul un tube est arrivé cassé au laboratoire. En revanche, des soucis d'analyses ont été mis en évidence pour certains supports de prélèvement. Malheureusement, ces désagréments n'ont pas été communiqués assez rapidement par le laboratoire pour mener des actions correctives dans le cadre du projet. Ainsi, au regard des objectifs initiaux et des difficultés de traitement de certains échantillons par les laboratoires, des campagnes « avant » et « après » sont disponibles pour :

- 19 logements pour les aldéhydes,
- 15 logements pour les BTEX et le naphthalène.

Pour le benzaldéhyde, les concentrations sont restées, la plupart du temps, en dessous ou autour de la limite de quantification et n'ont jamais dépassé la valeur médiane obtenue lors de la campagne logement de l'OQAI. Concernant l'hexanal, l'acétaldéhyde et le formaldéhyde, l'ensemble des valeurs obtenues globalement lors des campagnes « avant » et « après » ont une médiane équivalente à celle obtenue lors de la campagne logement de l'OQAI (2003-2005). Pour le formaldéhyde, les médianes sont toutes supérieures à la médiane des concentrations issues de la campagne pilote CEI (2011-2012). Aucune valeur n'a dépassé la valeur d'action rapide du Haut Conseil de Santé Publique. **La comparaison des valeurs médianes des campagnes « avant » et « après », montre une diminution pour les aldéhydes considérés sauf pour l'hexanal.** Au niveau statistique, ces conclusions se sont confirmées : la qualité de l'air intérieur s'est significativement améliorée entre les deux campagnes, si on considère le formaldéhyde et l'acétaldéhyde. A l'inverse, pour l'hexanal, la qualité de l'air intérieur s'est dégradée mais aucun impact sanitaire n'a été mis en évidence. Certaines corrélations ont pu être établies entre certains de ces paramètres externes, puis isolément notamment entre la présence d'un poêle à granulés et les teneurs en hexanal.

Pour le naphthalène, les concentrations sont restées, la plupart du temps, en dessous ou autour de la limite de quantification et inférieures à la valeur repère choisie pour cette étude. Concernant le toluène, l'éthylbenzène, le m/p-xylène et le o-xylène, l'ensemble des valeurs obtenues globalement lors des campagnes « avant » et « après » ont une médiane équivalente à celles obtenues lors de la campagne logement de l'OQAI (2003-2005). Cependant les médianes des concentrations mesurées en BTEX sont toutes supérieures à la médiane des concentrations issues de la campagne pilote CEI. Pour le benzène, les médianes des campagnes « avant » et « après » sont supérieures à la médiane de la campagne logement de l'OQAI. **Pour les COV, les médianes des campagnes « avant » et « après », montrent des valeurs en baisse quel que soit le polluant considéré.** Au niveau statistique, ces conclusions se confirment uniquement pour le toluène et l'o-xylène.

Enfin, sur la base de l'ensemble des concentrations mesurées, une évaluation des risques sanitaires (ERS) a été réalisée. Dans un premier niveau d'approche, se basant sur des hypothèses simples et raisonnablement majorantes, les résultats obtenus suggèrent un besoin de diminuer les expositions chroniques des habitants aux substances considérées, en ciblant prioritairement le benzène et dans une moindre mesure les xylènes, l'acétaldéhyde et le naphthalène.

Concernant le benzène, plusieurs indicateurs de risques (QD, ERI) ont dépassé les valeurs repères usuellement retenues dans les ERS. Néanmoins, après changement d'appareil, seule une concentration mesurée reste nettement supérieure au percentile 95 des concentrations mesurées pendant la Campagne nationale logements, conduite sur la période 2003–2005 par l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI).

Cependant il faut rappeler ici que les substances considérées dans cette étude ne sont pas émises uniquement par les appareils de chauffage au bois. Par exemple :

- Les BTEX, dont le benzène et les xylènes, ainsi que les HAP, dont le naphthalène, peuvent être émis par d'autres types de combustion dans les environnements intérieurs (cuisson d'aliments, tabagisme, brûlage d'encens, etc.) et par des gaz d'échappement (stockage d'essence ou voiture en fonctionnement dans garage attenant, trafic routier à proximité, etc.).

- Les aldéhydes, dont le formaldéhyde et l'acétaldéhyde, peuvent être émis par d'autres sources dans les environnements intérieurs : encens, bougies, produits ménagers, produits de constructions, revêtements, diffuseurs de parfum ambiant, etc.

Pour mémoire, les mesures réalisées dans le cadre du projet QAI Arve ont ciblé une sélection restreinte de polluants (formaldéhyde, acétaldéhyde, hexanal, benzaldéhyde, BTEX, naphtalène) et n'incluaient pas de mesures de particules. Les conclusions de ce rapport portent donc uniquement sur les risques associés à cette sélection de polluants.

De plus, il est difficile dans la présente étude de relier spécifiquement pour chaque logement le changement d'appareil de chauffage avec l'évolution des concentrations en polluants pour les polluants considérés. En effet, de nombreuses sources intérieures peuvent contribuer à l'apport en polluant (travaux, ménage, cuisine), tout comme les pratiques (durée de fonctionnement de l'appareil, temps d'aération).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADEME. **2014**. Modes de chauffage dans l'habitat individuel – Avis de l'ADEME. Décembre 2014.
- ADEME. **2018**. Étude sur le chauffage domestique au bois : marchés et approvisionnement. Rapport d'étude. Août 2018.
- ANSES. **2008**. Valeurs guides de qualité d'air intérieur pour le benzène.
- ANSES. **2015**. Avis de l'Anses relatif à « Appui à l'étiquetage des produits d'ameublement » – Saisine n° « 2013-SA-0040 ». <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2013sa0040Ra.pdf>
- ANSES. **2016**. Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur - Méthode d'élaboration de valeurs guides de qualité d'air intérieur - Avis de l'Anses - Rapport d'expertise collective. <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2010SA0307Ra.pdf>
- ANSES. **2018a**. Valeurs toxicologiques de référence (VTR). <https://www.anses.fr/fr/content/valeurs-toxicologiques-de-r%C3%A9f%C3%A9rence-vtr>
- ANSES. **2018b**. Valeurs Guides de qualité d'Air Intérieur (VGAI). <https://www.anses.fr/fr/content/valeurs-guides-de-qualit%C3%A9-d%E2%80%99air-int%C3%A9rieur-vgai>
- ANSES. **2018c**. Mise à jour de valeurs guides de qualité d'air intérieur - Le formaldéhyde - Avis de l'Anses et Rapport d'expertise collective. <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2017SA0041Ra.pdf>
- ANSES. **2019**. Tableau des VTR construites ou sélectionnées par l'Anses https://www.anses.fr/system/files/Affichage_VTR_VF_avril2019.XLSX
- Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR - soit en français, Comité pour des valeurs guides de l'intérieur). **2018a**. German Committee on Indoor Guide Values - Guide values I and II. 2018. <https://www.umweltbundesamt.de/en/topics/health/commissions-working-groups/german-committee-on-indoor-guide-values#textpart-3> 24/04/2018
- Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR - soit en français, Comité pour des valeurs guides de l'intérieur). **2018b**. Guide values (I and II, in milligrams per cubic meter of air) for the concentration of specific substances in indoor air. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/355/bilder/dateien/0_ausschuss_fur_innenraumrichtwerte_empfehlungen_und_richtwerte_20180412_en.pdf
- Bard Denis. **1995**. Principes de l'évaluation des risques pour la santé publique liés aux expositions environnementales. *Rev. épidémiol. santé publique*,. 43: p. 423-431.
- Bisson M. **2016**. Choix de valeurs toxicologiques de référence (VTR) - Méthodologie appliquée par l'Ineris. *Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris)*. <https://www.ineris.fr/fr/choix-valeurs-toxicologiques-reference-vtr-methodologie-appliquee-Ineris>
- Bourgogne bâtiment durable. **2015**. La prise en compte de la circulation des flux d'air dans le bâtiment. Les cahiers de la construction durable en Bourgogne - Bâtiments performants et qualité de l'air intérieur - N°8. http://www.bourgogne-batiment-durable.fr/fileadmin/user_upload/mediatheque/fichiers_telechargeables/Cahiers/Cahiers_de_BBD_N_8_-_Batiments_performants_et_qualite_de_l_air_interieur.pdf
- CIRC. **2006**. Indoor emissions from household coal combustion carcinogenic: women in low- or medium-resource countries most exposed, International Agency for Research on Cancer, Press Release N°172. 29 novembre 2006. http://www.iarc.fr/ENG/Press_Releases/pr172a.html
- Commission Européenne. **2018a**. EU-LCI Working Group. https://ec.europa.eu/growth/sectors/construction/eu-lci_en
- Commission Européenne. **2018b**. Agreed EU-LCI values – substances with their established EU-LCI values and summary fact sheets. <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/30881/attachments/1/translations/en/renditions/native>
- Commission Européenne. **2018c**. EU-LCI value facts and information document. 2018. <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/30841/attachments/6/translations/en/renditions/native>
- Dab W. Santé et environnement. **2007**. Que sais-je ? n°3771.
- DGPR (Direction Générale de la Prévention des Risques). **2017** - Bureau du Sol et du Sous-Sol. Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués.



Dimitroulopoulou C *et al.* **2015**. EPHECT II: Exposure assessment to household consumer products. *Science of the Total Environment*. 536: p. 890-902.

Gustafson P, Barregard L, Strandberg B and Sällsten G. **2007**. The impact of domestic wood burning on personal, indoor and outdoor levels of 1,3-butadiene, benzene, formaldehyde and acetaldehyde. *Journal of Environmental Monitoring* 9(1) : 23-32.

Haut Conseil de la santé publique (HCSP). **2009**. Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos - Présentation de la démarche méthodologique

Haut Conseil de la santé publique (HCSP). **2010**. Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos : Le benzène.

Ineris. **2003**. Évaluation des risques sanitaires dans les études d'impact des ICPE – substances chimiques.

Ineris. **2008**. Évaluation de l'impact des appareils de chauffage à bois sur la qualité de l'air intérieur et extérieur. Rapport final 2008 (Ineris, LCME, CSTB et CITEPA) : DRC-08-70801-15219A.

Ineris. **2013**. Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires - Démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées - Impact des activités humaines sur les milieux et la santé. INERIS - DRC - 12 - 125929 - 13162B.

Ineris. **2018**. Bilan des choix de VTR disponibles sur le portail des substances chimiques de l'Ineris - Mise à jour fin 2017. INERIS-DRC-17-163632-11568A. https://substances.Ineris.fr/uploads/content/DRC-17-163632-11568A_Choix%20VTR%20sur%20PSC_fin%202017.pdf

Ineris. **2019**. Portail Substances Chimiques - Fiches de données toxicologiques et environnementales. <http://www.Ineris.fr/substances/fr/page/21>

Ineris. **2019**. CARVE – Campagne de mesures à l'émission des foyers domestiques alimentés au bois dans la vallée de l'Arve. 28 pages. ref. DRC-19-146451-03830A

Institut de veille sanitaire (InVS). **2000**. aujourd'hui intégré à Santé publique France. Guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact.

JRC (Joint Research Center). **2015**. Institute for Health and Consumer Protection. EUROPEAN COLLABORATIVE ACTION URBAN AIR, INDOOR ENVIRONMENT AND HUMAN EXPOSURE Harmonisation framework for health based evaluation of indoor emissions from construction products in the European Union using the EU-LCI concept. <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d3d78842-bc95-4984-a2fe-2317731324bd>

LCSQA. **2018**. Premier essai national d'aptitude des micro-capteurs (EA μ C) pour la surveillance de la qualité de l'air : synthèse des résultats. Novembre 2018. DRC-18-174307-09689A

Kirchner S *et al.* **2007**. Campagne nationale logements : état de la qualité de l'air dans les logements français. *Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI)* http://www.oqai.fr/userdata/documents/Document_133.pdf

Ministère chargé de l'environnement - Direction générale de la prévention des risques (DGPR), Ministère chargé de la santé - Direction générale de la santé (DGS). **2013**. Circulaire du 9 AOÛT 2013 relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations classées soumises à autorisation. <http://circulaire.legifrance.gouv.fr/index.php?action=afficherCirculaire&hit=1&r=37380>

Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, Ministère des affaires sociales, de la santé et des droits des femmes. **2014**. Note d'information n° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués. http://circulaires.legifrance.gouv.fr/pdf/2014/11/cir_38905.pdf

National Research Council (NRC). **1983**. Committee on the institutional means for assessment of risks to public health. Risk assessment in the Federal government: managing the process *The National Academies Press* 1983.

National Research Council (NRC). **2009**. Science and Decisions: Advancing Risk Assessment *The National Academies Press* 2009

Salthammer T. **2011**. Critical evaluation of approaches in setting indoor air quality guidelines and reference values. *Chemosphere*. 82(11): p. 1507-1517.

Simon F *et al.* 2001. La ventilation et l'énergie - Guide pratique pour les architectes. . Ministère de la Région wallonne - Direction générale de l'Aménagement du Territoire, du Logement et du Patrimoine. <http://hdl.handle.net/2268/19250>

Soto-Garcia *et al.* **2015**. VOCs Emissions from Multiple Wood Pellet Types and Concentrations in Indoor Air. *Energy Fuels* 29 (10). doi:10.1021/acs.energyfuels.5b01398

te Biesebeek JD. **2014**. General Fact Sheet - General default parameters for estimating consumer exposure - Updated version 2014. *Institut National de Santé Publique des Pays-Bas (RIVM)*. RIVM report 090013003/2014.

Trantallidi M *et al.* **2015**. EPHECT III: Health risk assessment of exposure to household consumer products. *Sci Total Environ.*, 536: p. 903-913.



INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES

TABLEAUX

Tableau 1 : Sources potentielles en air intérieur des polluants recherchés [OQAI, ANSES]	11
Tableau 2 : Limites de quantification	12
Tableau 3 : Type d'appareil de chauffage au bois	21
Tableau 4 : Bilan du jeu de données	23
Tableau 5 : Valeurs repères retenues pour cette étude	24
Tableau 6 : Concentrations mesurées en aldéhydes « avant » / « après »	25
Tableau 7 : Concentrations mesurées en aldéhydes « avant » / « après » (suite)	26
Tableau 8 : Minimum, maximum et médiane des concentrations en aldéhydes	27
Tableau 9 : Concentrations mesurées en BTEX « avant » / « après »	28
Tableau 10 : Concentrations mesurées en BTEX « avant » / « après » (suite)	29
Tableau 11 : Minimum, maximum et médiane des concentrations en BTEX	30
Tableau 12 : Critères de significativité	30
Tableau 13 : Test statistique sur les concentrations « avant » / « après »	31
Tableau 14 : Boîtes à moustaches des polluants ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) pour lesquels les concentrations « avant » sont significativement différentes de celles « après » (la moyenne est notée en rouge)	32
Tableau 15 : Test statistique sur les concentrations « avant » / « après »	34
Tableau 16 : Volume et temps de présence journalière pour chaque pièce considérée	38
Tableau 17 : Valeurs de toxicité retenues pour l'évaluation des risques sanitaires (ERS)	42
Tableau 18 : Expositions chroniques – Concentrations inhalées (CI - $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	43

FIGURES

Figure 1 : Déroulement du projet	9
Figure 2 : Kit de mesures de la QAI	13
Figure 3 : Processus du kit	14
Figure 4 : Localisation géographique des logements	15
Figure 5 : Sources extérieures contributrices	16
Figure 6 : Présence de travaux extérieurs	16
Figure 7 : Nombre d'occupants par logement	17
Figure 8 : Année de construction et/ou rénovation Figure 9 : Type de ventilation	17
Figure 10 : Mode de chauffage principal du logement	18
Figure 11 : Chauffage d'appoint du logement	18
Figure 12 : Equipement du salon	19
Figure 13 : Renouvellement du mobilier dans le salon	19
Figure 14 : Renouvellement du mobilier dans la chambre	20
Figure 15 : Pratique quotidienne des volontaires	20
Figure 16 : Durée de fonctionnement de l'appareil de chauffage au bois sur une semaine	22
Figure 17 : Fréquence d'aération dans le salon et la chambre	22
Figure 18 : Représentation d'une boîte à moustaches	31
Figure 19 : Concentrations en hexanal ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en fonction du type de poêle	33
Figure 20 : Corrélation entre la mesure en CO à l'émission et certains polluants intérieurs.	35

SIGLES ET ACRONYMES

ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
AFPIA	Association pour la Formation Professionnelle dans les Industries de l'Ameublement
ANSES	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
SM3A	Syndicat Mixte d'Aménagement de l'Arve et de ses Abords



ANNEXES

Repère	Désignation	Nb pages
1	Mode d'emploi du kit	2
2	Questionnaire pour les ramoneurs	3
3	Questionnaire pour les particuliers	2
4	Résultats des concentrations en polluants pour tous les logements	1
5	Profils toxicologiques de substances d'intérêt : Benzène – Formaldéhyde – Acétaldéhyde – Ethylbenzène – Toluène – Naphtalène	1
6	Expositions chroniques - Concentrations inhalées (CI) calculées	4
7	Caractérisation des risques chroniques – indicateurs de risques calculés	2
8	Caractérisation des risques de type aigus (liés à des expositions de courte durée) – ratios calculés	2

ANNEXE 1

MODE D'EMPLOI DU KIT



MODE D'EMPLOI

- /!\ Bien se laver les mains avant de commencer
- /!\ Ne pas mettre les doigts sur les cylindres



COMPOSITION DU KIT

A/ Bouchons



B/ Cylindre bleu pour les **aldéhydes**



C/ Cylindre jaune pour les **benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes et naphthalène**



D/ Tube en verre avec un élastique bleu contenant la cartouche de mesure pour les **aldéhydes**



E/ Tube en verre avec un élastique jaune contenant la cartouche de mesure pour les **BTEX et naphthalène**



F/ Étiquette d'affranchissement pour l'envoi

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

La mesure démarre une fois que la cartouche de mesure (D ou E) est exposée à l'air et insérée dans le cylindre (B ou C).

Le cylindre assure une diffusion contrôlée de l'air jusqu'à la cartouche de mesure qui va piéger les composés présents dans l'air de la pièce.

La cartouche de mesure pour les aldéhydes (D) doit fonctionner avec le cylindre bleu (B). La cartouche de mesure pour les BTEX et naphthalène (E) doit fonctionner avec le cylindre jaune (C).

La mesure s'arrête une fois que la cartouche de mesure est replacée dans son tube en verre, hermétiquement fermé.

Les cartouches sont ensuite analysées en laboratoire pour déterminer les concentrations dans l'air pour les 2 substances.

MONTAGE (1/3) - se laver les mains avant de commencer -

1/ Le coffret est ouvert devant vous comme sur la photo ci-jointe.



Sortir les tubes en verres entourés des élastiques jaune et bleu situés dans les compartiments gauche et droite du coffret.

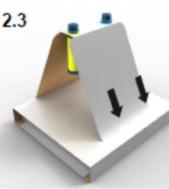
2/ Plier le kit selon les étapes 2.1 à 2.4.

Relever le rabat (★) « Ma maison respire » et rabattre le couvercle (★).

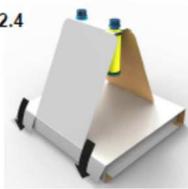
2.1



2.3



2.4



Clipper le rabat "Ma maison respire" dans les encoches appropriées.

Clipper les 2 languettes du couvercle dans leurs encoches.

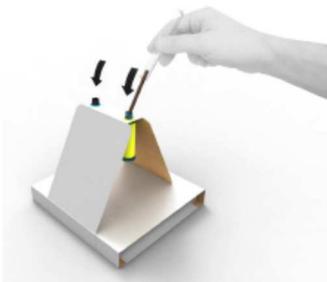
MONTAGE (2/3)

3/ Dévisser le bouchon du cylindre en maintenant ce dernier en appuyant légèrement sur la partie basse de couleur noire. **Ne pas toucher la membrane poreuse de couleur jaune.**



4/ Insertion de la cartouche de mesure dans le cylindre **jaune** :

- Ouvrir le tube en verre entouré de l'élastique **jaune** ;
- Transvaser la cartouche de mesure contenue dans le tube en verre dans le cylindre jaune. **Ne pas toucher la cartouche de mesure ni la membrane poreuse** ;
- **Bien** revisser le bouchon du cylindre ;
- Reboucher **délicatement** (risque de casse) le tube en verre vide entouré de son élastique jaune et **le conserver précieusement**.



MONTAGE (3/3)

5/ Répéter la procédure décrite dans les étapes 3/ et 4/ pour le cylindre **bleu** et la cartouche de mesure contenue dans le tube en verre entouré de l'élastique **bleu** en respectant les **mêmes précautions**.

6/ Installer dès à présent le kit à l'emplacement de mesure choisi. Il est préférable de placer le kit au centre de la pièce, au moins à 1 mètre des parois, plafond compris, en évitant les zones de la pièce exposées aux courants d'air et sources de chaleur. Il doit également être hors de portée des enfants, par exemple sur un meuble haut ou suspendu au plafond.

Le laisser en place **7 jours (exemple du lundi au lundi suivant)** (la mesure commence à partir du moment où les cartouches sont insérées dans les cylindres).



Noter la date et l'heure de début de prélèvement dans le formulaire en dernière page de ce fascicule.

DEMONTAGE (1/2) - se laver les mains avant de commencer -

Le démontage doit se faire A LA FIN DE PERIODE DE MESURE, 7 jours après la pose du kit.

1/ Dévisser le bouchon du cylindre jaune.
Ouvrir le tube en verre entouré de l'élastique jaune que vous avez conservé.
Transvaser la cartouche de mesure dans le tube en verre **sans toucher la cartouche**.
Délicatement, bien refermer le tube en verre (risque de casse).
Revisser le bouchon sur le cylindre.



2/ Répéter la procédure décrite ci-dessus pour le cylindre bleu et la cartouche de mesure contenu dans le tube en verre entouré de l'élastique bleu en respectant les mêmes précautions.

3/ Noter la date et l'heure de fin de prélèvement dans le formulaire en dernière page de ce fascicule.

4/ Terminer de compléter le formulaire en dernière page de ce fascicule.

DEMONTAGE (2/2)

5/ Démonter le kit en suivant la procédure inverse à celle décrite dans les étapes 2.4 à 2.1 (montage 1/3).

Veiller à bien remettre **tous** les éléments dans le coffret.

Surtout, ne pas oublier :

- **les tubes en verre contenant les cartouches de mesure**, à replacer dans les compartiments gauche et droite du coffret ;
- **ce fascicule avec le formulaire rempli** à insérer sous le rabat "ma maison respire" ainsi que la page libre de commentaire.

6/ Avant de fermer le coffret, veiller à se munir de l'étiquette d'affranchissement pour envoi du kit au laboratoire d'analyse.

7/ Fermer le coffret. Veiller à bien clipper les 3 languettes du couvercle dans leurs encoches.

8/ Remplir vos coordonnées dans la partie « expéditeur ».
Coller l'étiquette d'affranchissement sur les languettes, et conserver le coffret au réfrigérateur jusqu'au lundi matin.



9/ Sortir le coffret du réfrigérateur et le poster (éviter un envoi le week-end).

ANNEXE 2

QUESTIONNAIRE POUR LES RAMONEURS

QUESTIONNAIRE QAI-ARVE

Date : _ / _ / 20_

Partie réservée au ramoneur

IDENTIFICATION DU LOGEMENT :

Commune	
Superficie du logement (en m ²)	
Nombre d'occupants	
Nombre d'enfants	
Confirmation que pas de fumeur dans le logement	<input type="checkbox"/>

INSTALLATION DU KIT :

	Salon (pièce où est implanté l'appareil de chauffage au bois)	Chambre
Numéro du kit (exemple 01_S pour le salon et 01_C pour la chambre)		
Date et heure du début de la mesure (moment où les deux cartouches ont été insérées dans le kit)	_ / _ / 20_ : : (hh:mm)	_ / _ / 20_ : : (hh:mm)
Emplacement du kit dans la pièce (sur une table, sur un meuble...) <small>(/! éviter un meuble récent et près d'une fenêtre)</small>		
Distance entre le kit et l'appareil de chauffage au bois (en mètres)		

L'ENVIRONNEMENT EXTERIEUR :

	Oui	Non
Dans un rayon de 500 m autour du logement est-ce qu'il y a :		
Une autoroute, une route nationale ou un boulevard très fréquenté	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Un arrêt de bus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Un aéroport	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Un garage automobile	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Une zone de stockage d'hydrocarbures ou d'une station service	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Une usine de carrosserie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Une zone industrielle (rayon de 1 km)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Une déchetterie, une décharge	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Un centre d'incinération	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Un/des champ(s) de culture	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Un parking contigu ou en sous-sol	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Présence de travaux extérieurs	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Autre(s) source(s) de pollution, préciser :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

LOGEMENT :

Année de construction	
Année de rénovation (si existante)	
Année de réhabilitation (si existante dans un contexte de sol pollué)	
Nature de la construction	
Bâtiment en dur	<input type="checkbox"/>
Pré-fabrique	<input type="checkbox"/>
Autre, préciser :	
Type de la construction	
Standard	<input type="checkbox"/>
Bâtiment de basse consommation énergétique (BBC)	<input type="checkbox"/>
Démarche Haute Qualité Environnementale (HQE)	<input type="checkbox"/>



Energie principale de chauffage	Oui	Non
Bois	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gaz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fioul	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Electrique	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Moyen de production d'eau chaude sanitaire	Oui	Non
Electrique	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gaz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Solaire	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Autre, préciser :		
Fréquence d'utilisation d'un chauffage d'appoint en hiver	Oui	Non
Toujours	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fréquemment	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Occasionnellement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jamais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Type de chauffage d'appoint en hiver	Oui	Non
Bois	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gaz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fioul	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Poêle à pétrole	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Poêle à gaz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Electrique	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Présence d'un système de ventilation spécifique	Oui	Non
Une ventilation mécanique contrôlée "VMC" (ventilation forcée)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Simple flux	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Double flux	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Présence d'un garage ou d'un local de stockage d'engins à moteur à proximité		
Oui	<input type="checkbox"/>	
Non	<input type="checkbox"/>	

SALON :

Rénovation de la pièce (depuis moins de 6 mois)	Oui	Non
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Si oui :		
Type de revêtement de sol		
Moquette	<input type="checkbox"/>	
Parquet	<input type="checkbox"/>	
Carrelage	<input type="checkbox"/>	
Sol plastique	<input type="checkbox"/>	
Autres :	<input type="checkbox"/>	
Mode de fixation du revêtement		
Posé	<input type="checkbox"/>	
Colle	<input type="checkbox"/>	
Type de revêtement aux murs		
Papier-peint	<input type="checkbox"/>	
Toile de vernis + peinture	<input type="checkbox"/>	
Peinture seule	<input type="checkbox"/>	
Bois (lambris)	<input type="checkbox"/>	
Autres :	<input type="checkbox"/>	
Présence d'un système de ventilation spécifique	Oui	Non
Des conduits + des grilles d'aération (ventilation naturelle)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Centrale de traitement de l'air	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aucun dispositif en particulier	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Autre, préciser :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Type de fenêtres	Oui	Non
Fenêtres avec joint d'étanchéité pouvant être ouvertes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fenêtres avec joint d'étanchéité ne pouvant pas être ouvertes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Baies ouvertes de façon permanente ou baies munies de châssis à lames pivotantes ne comportant pas de joints d'étanchéité	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Type de vitrages	Oui	Non
Simple	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Double	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mobilier neuf (< 1 an)	Oui	Non
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Si oui :		
Type et nature du mobilier		
Aggloméré/contreplaqué	<input type="checkbox"/>	
Massif	<input type="checkbox"/>	
Type de canapé :	Oui	Non
Cuir	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tissu (alcantara compris)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Autre, préciser	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pas de canapé	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Composition de ce canapé :	Oui	Non
Mousse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Plumes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Autre, préciser	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dans le salon, y a-t-il... :	Oui	Non
Une imprimante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Un photocopieur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Une bibliothèque	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

CHAMBRE :

	Oui	Non
Rénovation de la pièce (depuis moins de 6 mois)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Si oui :		
Type de revêtement de sol		
Moquette	<input type="checkbox"/>	
Parquet	<input type="checkbox"/>	
Carrelage	<input type="checkbox"/>	
Sol plastique	<input type="checkbox"/>	
Autres :	<input type="checkbox"/>	
Mode de fixation du revêtement		
Posé	<input type="checkbox"/>	
Colle	<input type="checkbox"/>	
Type de revêtement aux murs		
Papier-peint	<input type="checkbox"/>	
Toile de verre + peinture	<input type="checkbox"/>	
Peinture seule	<input type="checkbox"/>	
Bois (lambris)	<input type="checkbox"/>	
Autres :	<input type="checkbox"/>	
Type de fenêtres	Oui	Non
Fenêtres avec joint d'étanchéité pouvant être ouvertes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fenêtres avec joint d'étanchéité ne pouvant pas être ouvertes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Baies ouvertes de façon permanente ou baies munies de châssis à lames pivotantes ne comportant pas de joints d'étanchéité	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Type de vitrages	Oui	Non
Simple	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Double	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mobilier neuf (< 1 an)	Oui	Non
Si oui :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Type et nature du mobilier		
Aggloméré/contreplaqué	<input type="checkbox"/>	
Massif	<input type="checkbox"/>	
Dans la chambre, y a-t-il. :	Oui	Non
Une imprimante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Un photocopieur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Une bibliothèque	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

CUISINE :

	Oui	Non
Cuisine ouverte sur le salon ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Si oui :		
Type d'extraction		
Hotte aspirante avec recyclage	<input type="checkbox"/>	
Hotte avec extraction extérieure	<input type="checkbox"/>	
Quel combustible principal utilisez-vous pour cuisiner :	Oui	Non
Butane ou propane (en bouteille ou en citerne)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gaz de ville	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Electricité, vitro-céramique, induction	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Autre, préciser :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Type de fenêtres	Oui	Non
Fenêtres avec joint d'étanchéité pouvant être ouvertes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fenêtres avec joint d'étanchéité ne pouvant pas être ouvertes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Baies ouvertes de façon permanente ou baies munies de châssis à lames pivotantes ne comportant pas de joints d'étanchéité	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Type de vitrages	Oui	Non
Simple	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Double	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stockage de produits chimiques/entretiens/hydrocarbures	Oui	Non
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



ANNEXE 3

QUESTIONNAIRE POUR LES PARTICULIERS

QUESTIONNAIRE QAI-ARVE

Date :

Partie réservée au particulier

RECOMMANDATIONS POUR LE BON FONCTIONNEMENT DE L'ETUDE :

Tout d'abord, merci d'avoir accepté de participer à cette étude.

Pour faciliter l'exploitation des résultats de mesure et pour ne pas perturber les mesures d'air intérieur de votre logement, nous souhaiterions à la mesure du possible que vous évitiez à proximité des appareils de mesure :

- de fumer
- d'utiliser un parfum ou un désodorisant intérieur
- d'appliquer du vernis à ongles
- de réaliser des activités artistiques

Mais aussi de manipuler les appareils de mesure.

AVIS GENERAL :

Les objectifs de l'étude vous ont-ils été présentés clairement ?

Commentaires :

Oui

Non

Les moyens mis en place dans votre logement vous ont-ils gênés ?

D'un point de vue de l'encombrement ?

Commentaires :

Oui

Non

Si vous aviez l'occasion de participer à une autre campagne de prélèvement d'air intérieur pour l'INERIS, accepteriez-vous de nouveau d'y participer ?

Commentaires :

Oui

Non

Avez-vous rencontré des problèmes de mise en œuvre ?

Commentaires :

Oui

Non

DESINSTALLATION DU KIT :

Salon
(pièce où est implanté l'appareil de chauffage au bois)

Chambre

Numéro du kit (exemple 01_S pour le salon et 01_C pour la chambre)

Date et heure de fin de la mesure (moment où les deux cartouches ont été insérées dans les tubes en verre)

__/__/20__ ; __:__(hh:mm)

__/__/20__ ; __:__(hh:mm)

ACTIVITES LORS DES MESURES :

Les informations suivantes auront pour but d'expliquer à titre indicatif les résultats obtenus.

Travaux à proximité

Chantier se faisant à proximité du logement

Oui

Non

Quelqu'un a-t-il fumé durant la semaine de prélèvement :

- Oui à l'extérieur (balcon, fenêtre).....
- Oui dans la cuisine
- Oui dans le salon
- Oui dans la chambre
- Oui dans une autre pièce, préciser :

Oui

Non

Avez-vous utilisé un chauffage d'appoint lors des essais

- Poêle à gaz
- Poêle à pétrole
- Electrique
- Autre, préciser

Dans le salon

Dans la chambre

Combien de temps cuisinez-vous par jour :

- < 1 heure
- 1 heure - 2 heures
- 2 heures - 4 heures
- > 4 heures

Oui

Non

Ménage

Est-ce que quelqu'un a utilisé des produits d'entretien :

- 1. Désodorisants (aérosols, etc ...)
- 2. Nettoyant pour surfaces
- 3. Autre (préciser) :

Oui

Non

Avez-vous utilisé des désodorisants d'intérieur :

- 1. Aérosol, pistolet ou vaporisateur
- 2. Diffuseur mèche, gel
- 3. Bougie, lampe, encens
- 4. Autre cas préciser :

Oui

Non

Où stockez-vous les produits mentionnés dans les 2 questions précédentes :

- Cuisine
- Salon
- Salle de bains
- Autre, préciser

Oui

Non

Avez-vous pratiqué un activité artistique ?

- Peinture
- Bricolage
- Autre, préciser :

Oui

Non

QAI ARVE

ACTIVITES LORS DES MESURES

Kits n° :

Salon	Chambre
-------	---------

Horaires	Exemple			Jour 1			Jour 2			Jour 3			Jour 4			Jour 5			Jour 6			Jour 7			
	Activité salon	Activité chambre	Projetage de l'appareil de chauffage																						
0h-7h																									
7h-9h	X	X	X																						
9h-12h																									
12h-14h			X																						
14h-17h																									
17h-21h																									
21h-00h	X					X																			

Y a-t-il eu des opérations de nettoyage de l'appareil de chauffage durant les escalés ?

OUI Non

ANNEXE 4

RESULTATS DES CONCENTRATIONS EN POLLUANTS POUR TOUS LES LOGEMENTS



		Concentrations en substance ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)										
Logement	Prélèvement	Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Hexanal	Benzaldéhyde (< à)	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	m/P-xylène	o-xylène	Naphtalène	
1	Avant	Salon	16,1	40,9	21,5	1,1	3,6	3,6	2,4	0,5	2,1	0,3
		Chambre	13,4	31,2	14,9	<1	4,4	4,3	2,8	6,4	2,6	0,4
	Après	Salon	8,5	14,7	27,7	1,1	0,7	1,7	1	1	0,9	0,5
		Chambre	10,1	15,6	20,1	0,7	0,7	1,8	1	1	0,9	0,2
2	Avant	Salon	39,6	32,7	23,1	<1,3	4,3	20,6	7,3	20,4	8	0,3
		Chambre	32,9	29,6	25,6	<1,3	3,9	16,1	5,5	18,1	6,7	0,6
	Après	Salon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Avant	Salon	27,5	35,2	23,2	<1,1	6,4	134,9	26,5	108,4	37,6	0,6
		Chambre	27,2	34,1	26,5	<1,1	5,9	122,8	24,1	96,1	33,3	0,3
	Après	Salon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Avant	Salon	14,8	17,9	15,8	<1,1	0,5	4,8	0,4	1	0,4	1,3
		Chambre	12,5	18,6	18	<1,1	0,5	5,5	0,2	1,4	0,5	<0,2
	Après	Salon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Avant	Salon	9,5	13,4	13,8	<1,04	2,5	27,4	8,1	28,4	12,3	<0,17
		Chambre	10,9	14,1	15,9	<1,04	2,2	17,8	4,6	15,9	6,8	<0,17
	Après	Salon	9,79	16,81	20,99	<1,1	5,37	26,29	6,57	8,16	8,49	<0,4
		Chambre	9,66	13,78	16,16	<1,1	2,8	15,51	3,93	5,04	5,23	<0,4
6	Avant	Salon	14	8,9	15	<0,9	1,6	16,2	4,5	16	6,3	1,8
		Chambre	17,2	6,2	10,9	<0,9	1,6	12,4	3,1	10,8	4,5	0,5
	Après	Salon	27,6	19,3	35,4	1,3	6,7	71,4	26,3	74	28,7	<0,4
		Chambre	41,5	18,9	28,9	1,4	-	-	-	-	-	-
7	Avant	Salon	16	16	7,8	<1,01	2,5	3,9	0,5	3,7	1,6	<0,2
		Chambre	18,7	15,3	9,8	<1,01	2,5	3,7	1,1	3,8	1,8	<0,2
	Après	Salon	25,5	27,1	21,4	<1	1,3	6,9	2,3	4,7	2,1	<0,1
		Chambre	31,3	31,5	32,9	1	1,6	7,7	2,1	4,5	2,1	<0,1
8	Avant	Salon	25,2	14,1	16	<1,1	6,2	119	19,1	81,3	27,3	0,2
		Chambre	22,2	13,2	14,9	<1,1	6,1	94,6	16,7	70,9	24,1	0,2
	Après	Salon	19,6	6,8	13,7	1,3	2,4	16	4,2	19,5	8,4	<0,1
		Chambre	20,8	6,8	5,7	1,2	2,2	17,7	5,1	18,2	7,7	<0,1
9	Avant	Salon	19,2	10,9	17,5	<1,1	7,6	55,6	12,7	48,9	16,9	0,5
		Chambre	16,3	9,1	16,9	<1,1	7,3	62,9	12,6	48,5	16,7	0,8
	Après	Salon	18,3	7,1	19,3	<1	5,8	32,4	7	24,4	8,6	<0,1
		Chambre	15,8	7,2	17,4	1	4,8	23	4,7	16,9	5,8	<0,1
10	Avant	Salon	-	-	-	-	8,5	69,0	18,0	57,3	23,2	<0,3
		Chambre	9,3	7,6	7,5	<1	7,3	50,3	13,6	41,7	15,7	<0,3
	Après	Salon	12,4	11,6	3,1	2,1	4,5	13	7,7	10,7	8,7	<0,1
		Chambre	9,5	9,3	8,9	0,5	4,5	10,5	6,8	10	7,6	<0,1
11	Avant	Salon	30,7	17,4	8,1	<1,4	5,3	32,0	5,4	6,9	20,4	<0,5
		Chambre	32,6	17,9	8,0	<1,4	4,6	25,0	4,1	5,3	15,2	<0,5
	Après	Salon	23,1	7,8	22,6	2,8	5,4	23,6	4,8	18	4,7	<0,4
		Chambre	26,9	9,4	14,7	2,2	4,4	18,3	3,7	13,6	3,8	<0,4
12	Avant	Salon	15,1	10,7	22,0	<1,1	4,3	40,8	6,9	8,5	88,6	<0,4
		Chambre	14,4	13,0	18,5	<1,1	4,0	30,7	4,3	5,5	5,8	<0,4
	Après	Salon	8,5	11,1	19,6	1,1	11,3	29,4	12,2	16	13,3	<0,1
		Chambre	6,2	11,4	20,7	1,2	6,8	16,5	9,3	12,8	10,4	<0,1
13	Avant	Salon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Après	Salon	15,4	17,4	10,5	1	1,6	2,8	1,8	2,7	1,8	<0,1
		Chambre	6,8	9,1	6,8	0,4	1	1,1	0,1	1,4	0,1	<0,1
14	Avant	Salon	23,4	12,2	7,2	<1,1	-	-	-	-	-	-
		Chambre	30,4	14,5	9,8	<1,1	-	-	-	-	-	-
	Après	Salon	17,4	10,5	6,7	0,8	<0,1	<0,1	0,1	1,3	0,7	0,5
		Chambre	19,6	11,2	9,6	0,7	<0,1	<0,1	0,2	0,8	0,4	0,5
15	Avant	Salon	15,6	8,5	20,7	<1,1	-	-	-	-	-	-
		Chambre	19	11,5	23,3	<1,1	-	-	-	-	-	-
	Après	Salon	23,6	13,2	33,1	1,6	0,3	1,1	0,6	1,4	0,7	0,2
		Chambre	24,4	13,2	37,4	1,4	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3
16	Avant	Salon	15	16,4	11,7	<1	-	-	-	-	-	-
		Chambre	16	19	14,7	<1	-	-	-	-	-	-
	Après	Salon	14,7	15,9	13,4	<1	-	-	-	-	-	-
		Chambre	15,1	19,7	15,1	<1	-	-	-	-	-	-
17	Avant	Salon	14,5	16,5	6,8	<1,1	-	-	-	-	-	-
		Chambre	25,4	9,2	11,3	<1,1	-	-	-	-	-	-
	Après	Salon	17,7	9,3	17	0,9	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	0,1
		Chambre	25,5	9,9	23,8	1,2	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1

		Concentrations en substance (µg/m ³)										
Logement	Prélèvement	Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Hexanal	Benzaldéhyde (< à)	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	m/P-xylène	o-xylène	Naphtalène	
18	Avant	Salon	50	17,5	19,8	1,7	4	12	2,1	1,6	0,6	0,1
		Chambre	39,3	13,6	16,8	<1,1	1,7	5,1	1	0,9	0,3	<0,1
	Après	Salon	19,1	36,4	18,8	1,9	1,3	22,6	30,3	64,1	38,7	1,7
		Chambre	19,7	38,3	18,3	1,9	4,8	15,9	34,1	72,7	39,5	0,1
19	Avant	Salon	43,8	15,5	16,9	<1,1	1,8	4,2	1,4	5,6	1,8	<0,07
		Chambre	45,6	15,5	12,1	<1,1	5,8	16,9	5,1	16	6,7	0,09
	Après	Salon	30,6	25	21,8	<0,1	<0,1	0,1	0,3	1	1	0,4
		Chambre	29,8	13,8	9,6	<0,1	<0,1	0,1	0,1	0,5	0,3	0,1
20	Avant	Salon	28,9	10,1	8,5	<1,1	2,4	5	0,7	1,7	0,7	<0,08
		Chambre	31,2	11	21,1	<1,1	3,1	8,2	1,2	3,5	1,6	<0,08
	Après	Salon	10,2	8,1	16	0,6	0,4	19,2	5,1	7,8	3,6	0,3
		Chambre	10,9	10,2	18,3	0,6	2,6	7	3,6	5,6	3,3	0,2
21	Avant	Salon	39,7	14,2	16,5	<1,1	3,3	7,2	1,5	2,4	1	<0,08
		Chambre	23,3	8,1	6,6	<1,1	7,2	19,1	4,4	9	4,6	<0,08
	Après	Salon	12,8	9,6	24,5	0,7	3	5,9	6,2	7,7	6,5	<0,08
		Chambre	6,3	3,5	4,6	0,3	5,9	10,3	5,5	16,3	7,6	0,2
22	Avant	Salon	29	10,1	11,4	<1,1	4,2	10,7	1,4	2,9	1,5	0,1
		Chambre	32,6	11,3	11,4	<1,1	4,3	10,8	1,6	3,3	1,7	0,1
	Après	Salon	10,3	6	11,1	0,6	1,7	2,1	0,5	1,9	0,7	<0,08
		Chambre	9	5,3	9,9	0,6	1,4	1,7	0,4	1,3	0,4	<0,08
23	Avant	Salon	13	4,2	8,3	0,9	0,9	2,2	0,4	1,3	0,6	<0,3
		Chambre	32,9	11,5	13,4	2	0,7	1,8	0,4	1,4	0,7	<0,3
	Après	Salon	12,9	17,8	68,7	1,9	0,8	5,1	1,1	2,5	0,7	0,1
		Chambre	12,6	18,6	70,3	1,9	0,3	2	0,4	0,8	0,2	<0,08
24	Avant	Salon	13,2	4,6	9,1	<1,1	4,4	26,2	4,3	16,9	7,5	<0,3
		Chambre	16,7	5,6	5,9	<1,1	4,7	24,2	3,6	13,6	6	<0,3
	Après	Salon	26,5	9,7	6,6	<1,1	3,6	22	3,4	12,6	5,5	<0,3
		Chambre	25,8	8,2	6,8	<1,1	3,6	18,2	3	11,4	5,6	<0,3
25	Avant	Salon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Après	Salon	12,2	8,3	14	0,8	3,8	15,2	9,1	24,5	11	<0,1
		Chambre	19,9	7,3	11,2	0,5	3,6	11,7	6,5	19,1	7,4	<0,1
26	Avant	Salon	73,6	23	19,9	<1,1	4,5	11,2	1,9	4,4	2,1	0,1
		Chambre	60,1	20,7	16,1	<1,1	2,8	5,6	0,8	1,8	0,9	1
	Après	Salon	27,2	8,2	10,9	0,8	1,7	5,5	1,8	1,9	0,7	0,2
		Chambre	26,9	7,6	10,2	0,8	1,8	4,9	2	1,5	0,5	<0,1
27	Avant	Salon	21,9	7,4	10,1	0,5	1	2,8	0,5	1,3	0,6	0,4
		Chambre	25,4	8,9	23,6	0,7	0,8	2,5	0,3	0,9	0,4	0,5
	Après	Salon	16,1	17	14	1,3	1,7	3	3,6	7,2	3,7	<0,1
		Chambre	21,2	23	18,7	2	1,6	4,2	3,8	7,1	3,8	<0,1
28	Avant	Salon	26,8	9,6	12,7	<1,1	4,31	12,8	2,3	4,3	2	<0,1
		Chambre	29,2	10,1	15,6	<1,1	0,9	2,4	0,3	0,8	0,4	<0,1
	Après	Salon	13,4	10,4	11,8	1,2	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1
		Chambre	13,8	10,7	14,1	1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1
29	Avant	Salon	24,8	8,6	20,5	<1,1	10,5	116,1	17,1	68,3	22,3	<0,3
		Chambre	23,1	8	23,8	1,2	11,7	122,3	16,9	63,5	21,8	<0,3
	Après	Salon	34,3	39,1	54,4	2,4	6,8	25,5	10,8	14,6	12,5	0,1
		Chambre	34,9	43,3	53,5	2,2	5,3	27,3	10,7	14,8	12,7	0,2
30	Avant	Salon	53,3	19,2	13,6	<1,1	4,4	11,2	2,4	5,6	2,4	<0,1
		Chambre	52,5	19	13,3	<1,1	6,4	18,2	3,5	8,7	4,1	0,1
	Après	Salon	15,8	9,4	8,3	0,7	2,9	6	1,8	4,2	1,8	0,1
		Chambre	16,4	9,8	9,3	0,6	2,7	5,9	1,7	4	1,6	<0,1
31	Avant	Salon	21,8	7,2	5,6	1,3	3,5	13	2,3	7,3	2,5	<0,3
		Chambre	11,1	3,9	3,7	1	3,5	10,2	2	5,9	2,4	<0,3
	Après	Salon	17,5	6,1	9,1	0,6	-	-	-	-	-	-
		Chambre	17,1	5,9	10,5	<1,1	-	-	-	-	-	-
32	Avant	Salon	71,9	25	10,2	<1,1	3,2	8,5	1,7	5,6	2,1	0,1
		Chambre	53,7	18,9	15,1	<1,1	3,9	1,6	2,6	11,4	3,9	<0,1
	Après	Salon	59,3	8,1	12	1,5	<0,1	0,1	0,2	0,6	0,3	0,3
		Chambre	61	8,7	12,1	1,5	1,8	19,1	7,5	19,9	8,3	0,3
33	Avant	Salon	14	4,7	3,1	1,2	4,2	17,1	2,3	9,4	357,5	<0,4
		Chambre	8,5	3	4,2	<1,1	1,9	3,7	0,8	3,2	1,4	<0,4
	Après	Salon	23,3	10,1	31,1	<1,1	2,2	6,5	1	2,2	1	<0,1
		Chambre	32,5	7,5	6,8	<1,1	3,2	8	1,2	3,2	1,5	0,5
34	Avant	Salon	12,2	4,2	6,2	<1,1	2,4	4,7	0,6	2,3	1,3	<0,4
		Chambre	12,7	4,3	5,6	<1,1	2,5	5	0,7	2,6	1,6	<0,4
	Après	Salon	10,5	5,7	17,5	0,7	5,3	5,8	6,4	13,5	6,2	0,1
		Chambre	18,3	5,7	15,6	0,7	3,7	3,8	3,6	8,8	4,2	0,7



ANNEXE 5

PROFILS TOXICOLOGIQUES DE SUBSTANCES D'INTERET : BENZENE – FORMALDEHYDE – ACETALDEHYDE – ETHYLBENZENE – TOLUENE – NAPHTALENE

Ces profils toxicologiques sont extraits de différentes sources de référence, incluant :

1. fiches de données toxicologiques et environnementales de l'INERIS ;
2. rapports de l'Anses établissant les Valeurs guides de qualité d'air intérieur (VGAI) ;
3. fiches toxicologiques de l'INRS ;
4. fiches du répertoire toxicologique de la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST).

Ces sources sont considérées selon l'ordre de préférence ci-dessus.

Pour le formaldéhyde :

- INERIS. 2010 - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. INERIS-DRC-10-109974-00925A, Version N°4-février 2010 - <http://substances.ineris.fr/fr/substance/getDocument/2791>

Pour le benzène :

- INERIS. 2006 - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques INERIS-DRC-01-25590-00DR256.doc, Version N3-/ mars 2006 - <http://substances.ineris.fr/fr/substance/getDocument/2719>

Pour l'acétaldéhyde :

- INERIS. 2017 - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques INERIS-DRC-17-163632-11566A, Version N°3 - janvier 2018 - <http://substances.ineris.fr/fr/substance/getDocument/2703>

Pour l'éthylbenzène :

- ANSES. 2016 - Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur : L'éthylbenzène. Avis de l'Anses et Rapport d'expertise collective. Octobre 2016 - <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2013SA0136Ra.pdf>

Pour le toluène :

- ANSES. 2018 - Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur : Le toluène. Avis de l'Anses et Rapport d'expertise collective. Juillet 2018 - <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2016SA0043Ra.pdf>

Pour le naphthalène :

- AFSSET. 2009 - Valeurs guides de qualité d'air intérieur : Le naphthalène. Avis de l'Afsset et Rapport d'expertise collective. - <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2004etVG005Ra.pdf>



ANNEXE 6

EXPOSITIONS CHRONIQUES - CONCENTRATIONS INHALEES (CI) CALCULEES



		Expositions par substance (Concentrations moyennes inhalées - µg/m ³)										
Logement	Prélèvement	Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Hexanal	anzaldéhyde (<	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	m/p-xylène	o-xylène	Naphtalène	
1	Avant	Salon	16,8	39,9	19,5	1,2	5,1	5,0	3,3	6,3	3,0	0,5
		Chambre										
	Après	Salon	11,8	18,6	26,0	0,9	0,8	2,1	1,2	1,2	1,1	0,3
		Chambre										
2	Avant	Salon	41,2	36,4	30,2	1,6	4,8	20,4	7,0	22,3	8,4	0,7
		Chambre										
	Après	Salon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Chambre										
3	Avant	Salon	32,8	41,3	31,1	1,3	7,2	150,6	29,6	118,6	41,1	0,4
		Chambre										
	Après	Salon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Chambre										
4	Avant	Salon	15,6	22,2	21,1	1,3	0,6	6,4	0,3	1,6	0,6	0,5
		Chambre										
	Après	Salon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Chambre										
5	Avant	Salon	12,8	16,8	18,6	1,3	2,7	23,7	6,4	22,1	9,5	0,2
		Chambre										
	Après	Salon	11,7	17,3	20,6	1,3	4,0	21,2	5,4	6,8	7,1	0,5
		Chambre										
6	Avant	Salon	19,9	8,1	14,1	1,1	1,9	15,8	4,1	14,2	5,8	0,9
		Chambre										
	Après	Salon	46,6	22,8	36,3	1,7	-	-	-	-	-	-
		Chambre										
7	Avant	Salon	21,9	18,6	11,3	1,2	3,0	4,5	1,2	4,5	2,1	0,2
		Chambre										
	Après	Salon	36,3	36,8	36,8	1,2	1,9	9,1	2,6	5,5	2,5	0,1
		Chambre										
8	Avant	Salon	27,4	16,1	18,2	1,3	7,4	119,7	20,7	87,8	29,8	0,2
		Chambre										
	Après	Salon	24,7	8,2	8,8	1,5	2,7	20,9	5,9	22,2	9,4	0,1
		Chambre										
9	Avant	Salon	20,3	11,4	20,5	1,3	8,9	73,9	15,2	58,4	20,1	0,9
		Chambre										
	Après	Salon	19,6	8,6	21,4	1,2	6,0	29,9	6,2	22,1	7,6	0,1
		Chambre										
10	Avant	Salon	-	-	-	-	9,1	65,0	17,4	53,9	20,7	0,4
		Chambre										
	Après	Salon	12,1	11,7	9,3	1,0	5,4	13,2	8,4	12,2	9,4	0,1
		Chambre										
11	Avant	Salon	38,7	21,5	9,7	1,7	5,7	31,8	5,3	6,8	19,5	0,6
		Chambre										
	Après	Salon	31,5	10,9	19,6	2,8	5,5	23,3	4,7	17,4	4,8	0,5
		Chambre										



		Expositions par substance (Concentrations moyennes inhalées - µg/m ³)										
Logement	Prélèvement	Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Hexanal	anzaldéhyde (<	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	m/p-xylène	o-xylène	Naphtalène	
12	Avant	Salon	17,4	15,1	23,0	1,3	4,9	39,3	5,8	7,4	26,8	0,5
		Chambre										
	Après	Salon	8,0	13,6	24,6	1,4	9,3	22,9	11,9	16,2	13,2	0,1
		Chambre										
13	Avant	Salon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Chambre										
	Après	Salon	10,2	12,9	9,1	0,6	1,3	1,7	0,5	2,0	0,5	0,1
		Chambre										
14	Avant	Salon	34,9	16,9	11,2	1,3	-	-	-	-	-	-
		Chambre										
	Après	Salon	23,1	13,3	10,9	0,9	0,1	0,1	0,2	1,1	0,6	0,6
		Chambre										
15	Avant	Salon	22,0	13,1	27,4	1,3	-	-	-	-	-	-
		Chambre										
	Après	Salon	29,2	15,9	44,0	1,7	0,2	0,5	0,3	0,6	0,4	0,3
		Chambre										
16	Avant	Salon	19,0	22,2	17,0	1,2	-	-	-	-	-	-
		Chambre										
	Après	Salon	18,1	22,8	17,8	1,2	-	-	-	-	-	-
		Chambre										
17	Avant	Salon	27,9	12,8	12,5	1,3	-	-	-	-	-	-
		Chambre										
	Après	Salon	28,8	11,8	27,0	1,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
		Chambre										
18	Avant	Salon	49,8	17,3	20,9	1,5	2,6	7,8	1,5	1,3	0,4	0,1
		Chambre										
	Après	Salon	23,6	45,6	22,1	2,3	4,9	20,7	40,1	85,4	47,3	0,5
		Chambre										
19	Avant	Salon	54,4	18,6	15,7	1,3	6,0	17,3	5,2	16,8	6,9	0,1
		Chambre										
	Après	Salon	36,0	19,3	14,5	0,1	0,1	0,1	0,2	0,7	0,5	0,2
		Chambre										
20	Avant	Salon	37,0	13,0	22,4	1,3	3,6	9,1	1,3	3,8	1,7	0,1
		Chambre										
	Après	Salon	12,9	11,8	21,5	0,7	2,6	11,3	4,7	7,3	4,0	0,3
		Chambre										
21	Avant	Salon	32,0	11,2	10,3	1,3	7,7	20,1	4,6	9,2	4,7	0,1
		Chambre										
	Après	Salon	9,1	5,7	10,3	0,5	6,4	11,3	6,8	17,6	8,9	0,2
		Chambre										
22	Avant	Salon	38,4	13,3	13,7	1,3	5,1	13,0	1,9	3,9	2,0	0,1
		Chambre										
	Après	Salon	11,1	6,5	12,2	0,7	1,8	2,1	0,5	1,7	0,6	0,1
		Chambre										

		Expositions par substance (Concentrations moyennes inhalées - µg/m ³)										
Logement	Prélèvement	Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Hexanal	anzaldéhyde (<	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	m/p-xylyène	o-xylyène	Naphtalène	
23	Avant	Salon	34,8	12,1	14,9	2,1	0,9	2,3	0,5	1,7	0,8	0,4
		Chambre										
23	Après	Salon	15,2	22,2	84,2	2,3	0,5	3,1	0,6	1,4	0,4	0,1
		Chambre										
24	Avant	Salon	19,3	6,5	7,9	1,3	5,6	29,6	4,5	17,2	7,6	0,4
		Chambre										
24	Après	Salon	31,2	10,2	8,1	1,3	4,3	22,8	3,7	14,0	6,7	0,4
		Chambre										
25	Avant	Salon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Chambre										
25	Après	Salon	22,1	9,0	14,1	0,7	4,4	14,9	8,4	24,3	9,8	0,1
		Chambre										
26	Avant	Salon	75,5	25,5	20,3	1,3	3,8	8,1	1,2	2,8	1,4	1,0
		Chambre										
26	Après	Salon	32,4	9,3	12,4	1,0	2,1	6,0	2,4	1,9	0,6	0,1
		Chambre										
27	Avant	Salon	29,7	10,3	25,2	0,8	1,0	3,1	0,4	1,2	0,5	0,6
		Chambre										
27	Après	Salon	24,3	26,2	21,4	2,2	1,9	4,8	4,5	8,6	4,5	0,1
		Chambre										
28	Avant	Salon	34,6	12,0	18,1	1,3	1,9	5,4	0,8	1,8	0,9	0,1
		Chambre										
28	Après	Salon	16,5	12,8	16,4	1,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
		Chambre										



		Expositions par substance (Concentrations moyennes inhalées - µg/m ³)										
Logement	Prélèvement	Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Hexanal	anzaldéhyde (<	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	m/p-xylyène	o-xylyène	Naphtalène	
29	Avant	Salon	28,2	9,8	27,8	1,4	13,8	145,7	20,4	77,5	26,3	0,4
		Chambre										
	Après	Salon	41,8	51,1	64,6	2,7	6,7	32,4	12,9	17,8	15,2	0,2
		Chambre										
30	Avant	Salon	63,4	22,9	16,1	1,3	7,2	20,2	3,9	9,7	4,5	0,1
		Chambre										
	Après	Salon	19,6	11,7	10,9	0,7	3,3	7,1	2,1	4,9	2,0	0,1
		Chambre										
31	Avant	Salon	15,9	5,5	4,9	1,3	4,2	12,9	2,5	7,4	2,9	0,4
		Chambre										
	Après	Salon	20,7	7,1	12,3	1,2	-	-	-	-	-	-
		Chambre										
32	Avant	Salon	69,0	24,2	17,0	1,3	4,5	3,6	2,9	12,3	4,3	0,1
		Chambre										
	Après	Salon	73,0	10,3	14,5	1,8	1,8	18,4	7,3	19,3	8,1	0,4
		Chambre										
33	Avant	Salon	11,5	4,0	4,8	1,3	2,8	7,7	1,3	5,3	87,0	0,5
		Chambre										
	Après	Salon	36,9	9,6	14,0	1,3	3,6	9,3	1,4	3,6	1,7	0,5
		Chambre										
34	Avant	Salon	15,2	5,1	6,9	1,3	3,0	5,9	0,8	3,1	1,9	0,5
		Chambre										
	Après	Salon	20,1	6,9	19,2	0,8	4,8	5,1	5,0	11,7	5,5	0,7
		Chambre										

ANNEXE 7

CARACTERISATION DES RISQUES CHRONIQUES – INDICATEURS DE RISQUES CALCULES



Logement		Quotients de dangers (QD - sans unité)										
Prélevement	Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Hexanal	nzaldéhyde (c	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	m/P-xylène	o-xylène	Naphtalène	Somme QD	
1	Avant	-	2,5E-01	2,2E-02	6,1E-02	5,1E-01	2,5E-04	2,2E-03	6,3E-02	3,0E-02	1,2E-02	9,5E-01
	Après	-	1,2E-01	2,9E-02	4,7E-02	8,4E-02	1,1E-04	8,0E-04	1,2E-02	1,1E-02	8,4E-03	3,1E-01
2	Avant	-	2,3E-01	3,4E-02	7,8E-02	4,8E-01	1,0E-03	4,7E-03	2,2E-01	8,4E-02	1,8E-02	1,1E+00
	Après	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Avant	-	2,6E-01	3,5E-02	6,6E-02	7,2E-01	7,5E-03	2,0E-02	1,2E+00	4,1E-01	1,2E-02	2,7E+00
	Après	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Avant	-	1,4E-01	2,3E-02	6,6E-02	6,0E-02	3,2E-04	1,9E-04	1,6E-02	5,8E-03	1,4E-02	3,2E-01
	Après	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Avant	-	1,0E-01	2,1E-02	6,3E-02	2,7E-01	1,2E-03	4,2E-03	2,2E-01	9,5E-02	5,5E-03	7,9E-01
	Après	-	1,1E-01	2,3E-02	6,6E-02	4,0E-01	1,1E-03	3,6E-03	6,8E-02	7,1E-02	1,3E-02	7,5E-01
6	Avant	-	5,1E-02	1,6E-02	5,4E-02	1,9E-01	7,9E-04	2,7E-03	1,4E-01	5,8E-02	2,5E-02	5,4E-01
	Après	-	1,4E-01	4,0E-02	8,3E-02	-	-	-	-	-	-	-
7	Avant	-	1,2E-01	1,3E-02	6,1E-02	3,0E-01	2,2E-04	7,9E-04	4,5E-02	2,1E-02	6,5E-03	5,6E-01
	Après	-	2,3E-01	4,1E-02	6,0E-02	1,9E-01	4,5E-04	1,7E-03	5,5E-02	2,5E-02	3,3E-03	6,0E-01
8	Avant	-	1,0E-01	2,0E-02	6,6E-02	7,4E-01	6,0E-03	1,4E-02	8,8E-01	3,0E-01	6,5E-03	2,1E+00
	Après	-	5,1E-02	9,7E-03	7,3E-02	2,7E-01	1,0E-03	3,9E-03	2,2E-01	9,4E-02	3,3E-03	7,3E-01
9	Avant	-	7,1E-02	2,3E-02	6,6E-02	8,9E-01	3,7E-03	1,0E-02	5,8E-01	2,0E-01	2,4E-02	1,9E+00
	Après	-	5,4E-02	2,4E-02	6,0E-02	6,0E-01	1,5E-03	4,1E-03	2,2E-01	7,6E-02	3,3E-03	1,0E+00
10	Avant	-	-	-	-	9,1E-01	3,3E-03	1,2E-02	5,4E-01	2,1E-01	9,8E-03	1,7E+00
	Après	-	7,3E-02	1,0E-02	4,9E-02	5,4E-01	6,6E-04	5,6E-03	1,2E-01	9,4E-02	3,3E-03	9,0E-01
11	Avant	-	1,3E-01	1,1E-02	8,4E-02	5,7E-01	1,6E-03	3,5E-03	6,8E-02	2,0E-01	1,6E-02	1,1E+00
	Après	-	6,8E-02	2,2E-02	1,4E-01	5,5E-01	1,2E-03	3,1E-03	1,7E-01	4,8E-02	1,3E-02	1,0E+00
12	Avant	-	9,4E-02	2,6E-02	6,6E-02	4,9E-01	2,0E-03	3,9E-03	7,4E-02	2,7E-01	1,3E-02	1,0E+00
	Après	-	8,5E-02	2,7E-02	7,1E-02	9,3E-01	1,1E-03	7,9E-03	1,6E-01	1,3E-01	3,3E-03	1,4E+00
13	Avant	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Après	-	8,1E-02	1,0E-02	3,1E-02	1,3E-01	8,7E-05	3,5E-04	2,0E-02	5,3E-03	3,3E-03	2,9E-01
14	Avant	-	1,1E-01	1,2E-02	6,6E-02	-	-	-	-	-	-	-
	Après	-	8,3E-02	1,2E-02	4,3E-02	1,2E-02	6,0E-06	1,4E-04	1,1E-02	5,5E-03	1,6E-02	1,8E-01
15	Avant	-	8,2E-02	3,0E-02	6,6E-02	-	-	-	-	-	-	-
	Après	-	9,9E-02	4,9E-02	8,7E-02	1,7E-02	2,3E-05	2,2E-04	6,2E-03	3,6E-03	9,1E-03	2,7E-01
16	Avant	-	1,4E-01	1,9E-02	6,0E-02	-	-	-	-	-	-	-
	Après	-	1,4E-01	2,0E-02	6,0E-02	-	-	-	-	-	-	-
17	Avant	-	8,0E-02	1,4E-02	6,6E-02	-	-	-	-	-	-	-
	Après	-	7,4E-02	3,0E-02	6,9E-02	1,2E-02	6,0E-06	8,0E-05	1,2E-03	1,2E-03	3,3E-03	1,9E-01
18	Avant	-	1,1E-01	2,3E-02	7,3E-02	2,6E-01	3,9E-04	9,8E-04	1,3E-02	4,3E-03	3,3E-03	4,9E-01
	Après	-	2,9E-01	2,5E-02	1,1E-01	4,9E-01	1,0E-03	2,7E-02	8,5E-01	4,7E-01	1,4E-02	2,3E+00

Excès de risque individuels (ERI - sans unité)											
Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Hexanal	nzaldéhyde (c	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	m/P-xylène	o-xylène	Naphtalène	Somme ERI	
-	-	-	-	1,3E-04	-	-	-	-	2,6E-06	1,4E-04	
-	-	-	-	2,2E-05	-	-	-	-	1,8E-06	2,4E-05	
-	-	-	-	1,2E-04	-	-	-	-	3,6E-06	1,3E-04	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	1,9E-04	-	-	-	-	2,4E-06	1,9E-04	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	1,6E-05	-	-	-	-	2,8E-06	1,8E-05	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	7,1E-05	-	-	-	-	1,1E-06	7,2E-05	
-	-	-	-	1,0E-04	-	-	-	-	2,7E-06	1,1E-04	
-	-	-	-	5,0E-05	-	-	-	-	5,1E-06	5,5E-05	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	7,8E-05	-	-	-	-	1,3E-06	8,0E-05	
-	-	-	-	4,8E-05	-	-	-	-	6,7E-07	4,9E-05	
-	-	-	-	1,9E-04	-	-	-	-	1,3E-06	1,9E-04	
-	-	-	-	7,0E-05	-	-	-	-	6,7E-07	7,1E-05	
-	-	-	-	2,3E-04	-	-	-	-	5,0E-06	2,4E-04	
-	-	-	-	1,6E-04	-	-	-	-	6,7E-07	1,6E-04	
-	-	-	-	2,4E-04	-	-	-	-	2,0E-06	2,4E-04	
-	-	-	-	1,4E-04	-	-	-	-	6,7E-07	1,4E-04	
-	-	-	-	1,5E-04	-	-	-	-	3,4E-06	1,5E-04	
-	-	-	-	1,4E-04	-	-	-	-	2,7E-06	1,5E-04	
-	-	-	-	1,3E-04	-	-	-	-	2,7E-06	1,3E-04	
-	-	-	-	2,4E-04	-	-	-	-	6,7E-07	2,4E-04	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	3,5E-05	-	-	-	-	6,7E-07	3,6E-05	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	3,1E-06	-	-	-	-	3,4E-06	6,5E-06	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	4,4E-06	-	-	-	-	1,9E-06	6,3E-06	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	3,1E-06	-	-	-	-	6,7E-07	3,8E-06	
-	-	-	-	6,8E-05	-	-	-	-	6,7E-07	6,8E-05	
-	-	-	-	1,3E-04	-	-	-	-	2,8E-06	1,3E-04	

Logement		Quotients de dangers (QD - sans unité)											
Prélèvement		Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Hexanal	mzaldéhyde (Σ)	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	m/P-xylène	o-xylène	Naphtalène	Somme QD	
19	Avant	Salon	-	1,2E-01	1,7E-02	6,6E-02	6,0E-01	8,6E-04	3,5E-03	1,7E-01	6,9E-02	2,8E-03	1,0E+00
	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Après	Salon	-	1,2E-01	1,6E-02	6,0E-03	1,2E-02	6,0E-06	1,1E-04	7,2E-03	5,3E-03	5,2E-03	1,7E-01
	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	Avant	Salon	-	8,1E-02	2,5E-02	6,6E-02	3,6E-01	4,5E-04	8,8E-04	3,8E-02	1,7E-02	2,6E-03	5,9E-01
	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Après	Salon	-	7,4E-02	2,4E-02	3,6E-02	2,6E-01	5,7E-04	3,1E-03	7,3E-02	4,0E-02	7,2E-03	5,2E-01
	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	Avant	Salon	-	7,0E-02	1,1E-02	6,6E-02	7,7E-01	1,0E-03	3,1E-03	9,2E-02	4,7E-02	2,6E-03	1,1E+00
	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Après	Salon	-	3,5E-02	1,1E-02	2,3E-02	6,4E-01	5,7E-04	4,5E-03	1,8E-01	8,9E-02	5,7E-03	9,9E-01
	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	Avant	Salon	-	8,3E-02	1,5E-02	6,6E-02	5,1E-01	6,5E-04	1,3E-03	3,9E-02	2,0E-02	3,3E-03	7,4E-01
	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Après	Salon	-	4,1E-02	1,4E-02	3,6E-02	1,8E-01	1,1E-04	3,4E-04	1,7E-02	5,5E-03	2,6E-03	2,9E-01
	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	Avant	Salon	-	7,6E-02	1,7E-02	1,1E-01	8,9E-02	1,1E-04	3,2E-04	1,7E-02	8,2E-03	9,8E-03	3,2E-01
	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Après	Salon	-	1,4E-01	9,4E-02	1,1E-01	4,8E-02	1,6E-04	4,3E-04	1,4E-02	3,6E-03	2,7E-03	4,2E-01
	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	Avant	Salon	-	4,1E-02	8,7E-03	6,6E-02	5,6E-01	1,5E-03	3,0E-03	1,7E-01	7,6E-02	9,8E-03	9,4E-01
	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Après	Salon	-	6,4E-02	9,0E-03	6,6E-02	4,3E-01	1,1E-03	2,5E-03	1,4E-01	6,7E-02	9,8E-03	7,9E-01
	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	Avant	Salon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Après	Salon	-	5,6E-02	1,6E-02	3,4E-02	4,4E-01	7,5E-04	5,6E-03	2,4E-01	9,8E-02	3,3E-03	8,9E-01
	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	Avant	Salon	-	1,6E-01	2,3E-02	6,6E-02	3,8E-01	4,0E-04	8,2E-04	2,8E-02	1,4E-02	2,7E-02	6,9E-01
	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Après	Salon	-	5,8E-02	1,4E-02	4,8E-02	2,1E-01	3,0E-04	1,6E-03	1,9E-02	6,5E-03	3,9E-03	3,7E-01
	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	Avant	Salon	-	6,5E-02	2,8E-02	4,0E-02	1,0E-01	1,5E-04	2,7E-04	1,2E-02	5,3E-03	1,6E-02	2,7E-01
	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Après	Salon	-	1,6E-01	2,4E-02	1,1E-01	1,9E-01	2,4E-04	3,0E-03	8,6E-02	4,5E-02	3,3E-03	6,3E-01
	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	Avant	Salon	-	7,5E-02	2,0E-02	6,6E-02	1,9E-01	2,7E-04	5,6E-04	1,8E-02	8,6E-03	3,3E-03	3,8E-01
	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Après	Salon	-	8,0E-02	1,8E-02	6,3E-02	1,2E-02	6,0E-06	8,0E-05	1,2E-03	1,2E-03	3,3E-03	1,8E-01
	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	Avant	Salon	-	6,1E-02	3,1E-02	7,1E-02	1,4E+00	7,3E-03	1,4E-02	7,8E-01	2,6E-01	9,8E-03	2,6E+00
	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Après	Salon	-	3,2E-01	7,2E-02	1,3E-01	6,7E-01	1,6E-03	8,6E-03	1,8E-01	1,5E-01	5,9E-03	1,5E+00
	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	Avant	Salon	-	1,4E-01	1,8E-02	6,6E-02	7,2E-01	1,0E-03	2,6E-03	9,7E-02	4,5E-02	3,3E-03	1,1E+00
	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Après	Salon	-	7,3E-02	1,2E-02	3,7E-02	3,3E-01	3,6E-04	1,4E-03	4,9E-02	2,0E-02	3,3E-03	5,3E-01
	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	Avant	Salon	-	3,4E-02	5,5E-03	6,4E-02	4,2E-01	6,5E-04	1,7E-03	7,4E-02	2,9E-02	9,8E-03	6,4E-01
	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Après	Salon	-	4,5E-02	1,4E-02	6,0E-02	-	-	-	-	-	-	-
	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	Avant	Salon	-	1,5E-01	1,9E-02	6,6E-02	4,5E-01	1,8E-04	1,9E-03	1,2E-01	4,3E-02	3,3E-03	8,6E-01
	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Après	Salon	-	6,5E-02	1,6E-02	9,0E-02	1,8E-01	9,2E-04	4,8E-03	1,9E-01	8,1E-02	9,8E-03	6,4E-01
	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
33	Avant	Salon	-	2,5E-02	5,3E-03	6,6E-02	2,8E-01	3,8E-04	8,8E-04	5,3E-02	8,7E-01	1,3E-02	1,3E+00
	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Après	Salon	-	6,0E-02	1,6E-02	6,6E-02	3,6E-01	4,6E-04	9,3E-04	3,6E-02	1,7E-02	1,4E-02	5,7E-01
	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
34	Avant	Salon	-	3,2E-02	7,6E-03	6,6E-02	3,0E-01	3,0E-04	5,5E-04	3,1E-02	1,9E-02	1,3E-02	4,7E-01
	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Après	Salon	-	4,3E-02	2,1E-02	4,2E-02	4,8E-01	2,5E-04	3,3E-03	1,2E-01	5,5E-02	1,9E-02	7,8E-01
	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Excès de risque individuels (ERI - sans unité)											
Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Hexanal	mzaldéhyde (Σ)	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	m/P-xylène	o-xylène	Naphtalène	Somme ERI	
-	-	-	-	1,6E-04	-	-	-	-	5,8E-07	1,6E-04	
-	-	-	-	3,1E-06	-	-	-	-	1,1E-06	4,2E-06	
-	-	-	-	9,3E-05	-	-	-	-	5,4E-07	9,3E-05	
-	-	-	-	6,8E-05	-	-	-	-	1,5E-06	6,9E-05	
-	-	-	-	2,0E-04	-	-	-	-	5,4E-07	2,0E-04	
-	-	-	-	1,7E-04	-	-	-	-	1,2E-06	1,7E-04	
-	-	-	-	1,3E-04	-	-	-	-	6,7E-07	1,3E-04	
-	-	-	-	4,6E-05	-	-	-	-	5,4E-07	4,6E-05	
-	-	-	-	2,3E-05	-	-	-	-	2,0E-06	2,5E-05	
-	-	-	-	1,2E-05	-	-	-	-	5,7E-07	1,3E-05	
-	-	-	-	1,5E-04	-	-	-	-	2,0E-06	1,5E-04	
-	-	-	-	1,1E-04	-	-	-	-	2,0E-06	1,1E-04	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	1,1E-04	-	-	-	-	6,7E-07	1,1E-04	
-	-	-	-	9,8E-05	-	-	-	-	5,5E-06	1,0E-04	
-	-	-	-	5,6E-05	-	-	-	-	8,1E-07	5,6E-05	
-	-	-	-	2,6E-05	-	-	-	-	3,2E-06	3,0E-05	
-	-	-	-	5,1E-05	-	-	-	-	6,7E-07	5,1E-05	
-	-	-	-	4,9E-05	-	-	-	-	6,7E-07	5,0E-05	
-	-	-	-	3,1E-06	-	-	-	-	6,7E-07	3,8E-06	
-	-	-	-	3,6E-04	-	-	-	-	2,0E-06	3,6E-04	
-	-	-	-	1,8E-04	-	-	-	-	1,2E-06	1,8E-04	
-	-	-	-	1,9E-04	-	-	-	-	6,7E-07	1,9E-04	
-	-	-	-	8,6E-05	-	-	-	-	6,7E-07	8,6E-05	
-	-	-	-	1,1E-04	-	-	-	-	2,0E-06	1,1E-04	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	1,2E-04	-	-	-	-	6,7E-07	1,2E-04	
-	-	-	-	4,6E-05	-	-	-	-	2,0E-06	4,8E-05	
-	-	-	-	7,4E-05	-	-	-	-	2,7E-06	7,6E-05	
-	-	-	-	9,4E-05	-	-	-	-	2,8E-06	9,7E-05	
-	-	-	-	7,8E-05	-	-	-	-	2,7E-06	8,0E-05	
-	-	-	-	1,3E-04	-	-	-	-	3,9E-06	1,3E-04	



ANNEXE 8

CARACTERISATION DES RISQUES DE TYPE AIGUS (LIES A DES EXPOSITIONS DE COURTE DUREE) – RATIOS CALCULES

Logement			Ratios de risque (sans unité)									
Prélevement	Formaldéhyde	Acéaldéhyde	Hexanal	nzaldéhyde (<	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	m/P-xyène	o-xyène	Naphtalène		
1	Avant	Salon	1,6E-01	1,4E-02	-	-	1,5E-01	2,2E-04	1,3E-04	-	-	-
	Après	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Avant	Salon	4,0E-01	1,1E-02	-	-	1,4E-01	1,0E-03	3,3E-04	-	-	-
	Après	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Avant	Salon	2,8E-01	1,2E-02	-	-	2,1E-01	6,7E-03	1,2E-03	-	-	-
	Après	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Avant	Salon	1,5E-01	6,2E-03	-	-	1,7E-02	2,8E-04	1,8E-05	-	-	-
	Après	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Avant	Salon	1,1E-01	4,7E-03	-	-	8,3E-02	1,4E-03	3,7E-04	-	-	-
	Après	Chambre	9,8E-02	5,6E-03	-	-	1,8E-01	1,3E-03	3,0E-04	-	-	-
6	Avant	Salon	1,7E-01	3,0E-03	-	-	5,3E-02	8,1E-04	2,0E-04	-	-	-
	Après	Chambre	4,2E-01	6,4E-03	-	-	2,2E-01	3,6E-03	1,2E-03	-	-	-
7	Avant	Salon	1,9E-01	5,3E-03	-	-	8,3E-02	2,0E-04	5,0E-05	-	-	-
	Après	Chambre	3,1E-01	1,1E-02	-	-	5,3E-02	3,9E-04	1,0E-04	-	-	-
8	Avant	Salon	2,5E-01	4,7E-03	-	-	2,1E-01	6,0E-03	8,7E-04	-	-	-
	Après	Chambre	2,1E-01	2,3E-03	-	-	8,0E-02	8,9E-04	2,3E-04	-	-	-
9	Avant	Salon	1,9E-01	3,6E-03	-	-	2,5E-01	3,1E-03	5,8E-04	-	-	-
	Après	Chambre	1,8E-01	2,4E-03	-	-	1,9E-01	1,6E-03	3,2E-04	-	-	-
10	Avant	Salon	9,3E-02	2,5E-03	-	-	2,8E-01	3,5E-03	8,2E-04	-	-	-
	Après	Chambre	1,2E-01	3,9E-03	-	-	1,5E-01	6,5E-04	3,5E-04	-	-	-
11	Avant	Salon	3,3E-01	6,0E-03	-	-	1,8E-01	1,6E-03	2,5E-04	-	-	-
	Après	Chambre	2,7E-01	3,1E-03	-	-	1,8E-01	1,2E-03	2,2E-04	-	-	-
12	Avant	Salon	1,5E-01	4,3E-03	-	-	1,4E-01	2,0E-03	3,1E-04	-	-	-
	Après	Chambre	8,5E-02	3,8E-03	-	-	3,8E-01	1,5E-03	5,5E-04	-	-	-
13	Avant	Salon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Après	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	Avant	Salon	3,0E-01	4,8E-03	-	-	-	-	-	-	-	-
	Après	Chambre	2,0E-01	3,7E-03	-	-	3,3E-03	5,0E-06	9,1E-06	-	-	-
15	Avant	Salon	1,9E-01	3,8E-03	-	-	-	-	-	-	-	-
	Après	Chambre	2,4E-01	4,4E-03	-	-	1,0E-02	5,5E-05	2,7E-05	-	-	-
16	Avant	Salon	1,6E-01	6,3E-03	-	-	-	-	-	-	-	-
	Après	Chambre	1,5E-01	6,6E-03	-	-	-	-	-	-	-	-
17	Avant	Salon	2,5E-01	5,5E-03	-	-	-	-	-	-	-	-
	Après	Chambre	2,6E-01	3,3E-03	-	-	3,3E-03	5,0E-06	4,5E-06	-	-	-
18	Avant	Salon	5,0E-01	5,8E-03	-	-	1,3E-01	6,0E-04	9,5E-05	-	-	-
	Après	Chambre	2,0E-01	1,3E-02	-	-	1,6E-01	1,1E-03	1,6E-03	-	-	-
19	Avant	Salon	4,6E-01	5,2E-03	-	-	1,9E-01	8,5E-04	2,3E-04	-	-	-
	Après	Chambre	3,1E-01	8,3E-03	-	-	3,3E-03	5,0E-06	1,4E-05	-	-	-
20	Avant	Salon	3,1E-01	3,7E-03	-	-	1,0E-01	4,1E-04	5,5E-05	-	-	-
	Après	Chambre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	Avant	Salon	4,0E-01	4,7E-03	-	-	2,4E-01	9,6E-04	2,0E-04	-	-	-
	Après	Chambre	1,3E-01	3,2E-03	-	-	2,0E-01	5,2E-04	2,8E-04	-	-	-



			Ratios de risque (sans unité)									
Logement	Prélèvement		Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Hexanal	nzaldéhyde (<	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	m/P-xylyène	o-xylyène	Naphtalène
22	Avant	Salon	3,3E-01	3,8E-03	-	-	1,4E-01	5,4E-04	7,3E-05	-	-	-
		Chambre										
	Après	Salon	1,0E-01	2,0E-03	-	-	5,7E-02	1,1E-04	2,3E-05	-	-	-
		Chambre										
23	Avant	Salon	3,3E-01	3,8E-03	-	-	3,0E-02	1,1E-04	1,8E-05	-	-	-
		Chambre										
	Après	Salon	1,3E-01	6,2E-03	-	-	2,7E-02	2,6E-04	5,0E-05	-	-	-
		Chambre										
24	Avant	Salon	1,7E-01	1,9E-03	-	-	1,6E-01	-	-	-	-	-
		Chambre										
	Après	Salon	2,7E-01	3,2E-03	-	-	1,2E-01	1,1E-03	1,5E-04	-	-	-
		Chambre										
25	Avant	Salon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Chambre										
	Après	Salon	2,0E-01	2,8E-03	-	-	1,3E-01	7,6E-04	4,1E-04	-	-	-
		Chambre										
26	Avant	Salon	7,4E-01	7,7E-03	-	-	1,5E-01	5,6E-04	8,6E-05	-	-	-
		Chambre										
	Après	Salon	2,7E-01	2,7E-03	-	-	6,0E-02	2,8E-04	9,1E-05	-	-	-
		Chambre										
27	Avant	Salon	2,5E-01	3,0E-03	-	-	3,3E-02	1,4E-04	2,3E-05	-	-	-
		Chambre										
	Après	Salon	2,1E-01	7,7E-03	-	-	5,7E-02	2,1E-04	1,7E-04	-	-	-
		Chambre										
28	Avant	Salon	2,9E-01	3,4E-03	-	-	1,4E-01	6,4E-04	1,0E-04	-	-	-
		Chambre										
	Après	Salon	1,4E-01	3,6E-03	-	-	3,3E-03	5,0E-06	4,5E-06	-	-	-
		Chambre										
29	Avant	Salon	2,5E-01	2,9E-03	-	-	3,9E-01	6,1E-03	7,8E-04	-	-	-
		Chambre										
	Après	Salon	3,5E-01	1,4E-02	-	-	2,3E-01	1,4E-03	4,9E-04	-	-	-
		Chambre										
30	Avant	Salon	5,3E-01	6,4E-03	-	-	2,1E-01	9,1E-04	1,6E-04	-	-	-
		Chambre										
	Après	Salon	1,6E-01	3,3E-03	-	-	9,7E-02	3,0E-04	8,2E-05	-	-	-
		Chambre										
31	Avant	Salon	2,2E-01	2,4E-03	-	-		6,5E-04	1,0E-04	-	-	-
		Chambre										
	Après	Salon	1,8E-01	2,0E-03	-	-	-	-	-	-	-	-
		Chambre										
32	Avant	Salon	7,2E-01	8,3E-03	-	-	1,3E-01	4,3E-04	1,2E-04	-	-	-
		Chambre										
	Après	Salon	6,1E-01	2,9E-03	-	-	6,0E-02	9,6E-04	3,4E-04	-	-	-
		Chambre										
33	Avant	Salon	1,4E-01	1,6E-03	-	-	1,4E-01	8,6E-04	1,0E-04	-	-	-
		Chambre										
	Après	Salon	3,3E-01	3,4E-03	-	-	1,1E-01	4,0E-04	5,5E-05	-	-	-
		Chambre										
34	Avant	Salon	1,3E-01	1,4E-03	-	-	8,3E-02	2,5E-04	3,2E-05	-	-	-
		Chambre										
	Après	Salon	1,8E-01	1,9E-03	-	-	1,8E-01	2,9E-04	2,9E-04	-	-	-
		Chambre										

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 ensemble.





IMPACT DU RENOUELEMENT D'APPAREILS NON PERFORMANTS DE CHAUFFAGE DOMESTIQUE AU BOIS SUR LA QUALITE DE L'AIR INTERIEUR

Le projet QAI Arve a pour principal objectif d'apporter des éléments pour évaluer l'impact, sur la qualité de l'air intérieur, du remplacement d'un appareil domestique ancien de chauffage au bois par un appareil récent et performant. Les mesures ont été effectuées sur le terrain en vallée de l'Arve. Ce projet a été réalisé en synergie avec le projet CARVE, qui évalue l'impact de ce changement d'appareil sur les émissions de particules atmosphériques, au rejet à la cheminée.

Les polluants recherchés dans ce projet sont des composés organiques volatils et des aldéhydes. Parmi ces composés, seul le benzène montre des valeurs médianes de concentration supérieures à celle de la médiane de la campagne OQAI. Pour tous les polluants sauf l'hexanal, les médianes ont diminué entre les campagnes avant et après changement d'appareil. Statistiquement ces conclusions se sont confirmées. Néanmoins, bien que pour l'hexanal, la qualité de l'air intérieur se soit dégradée, aucun impact sanitaire n'a été mis en évidence.

Du point de vue des risques sanitaires et en se basant sur des hypothèses simples et raisonnablement majorantes, les résultats obtenus suggèrent un besoin de diminuer les expositions chroniques des habitants aux substances considérées, en ciblant prioritairement le benzène et dans une moindre mesure les xylènes, l'acétaldéhyde et le naphthalène.

Cependant, il est difficile de relier spécifiquement pour chaque logement le changement d'appareil de chauffage avec l'évolution des concentrations en polluants pour les polluants considérés. En effet, de nombreuses sources intérieures peuvent contribuer à l'apport en polluant (travaux, ménage, cuisine), tout comme les pratiques (durée de fonctionnement de l'appareil, temps d'aération).

Le chauffage au bois peut être une source d'émission de polluants en air intérieur.

Les mesures réalisées in situ dans le cadre de cette étude pour évaluer l'impact du changement d'appareil de chauffage domestique ont montré globalement une diminution des concentrations pour les polluants recherchés.

Néanmoins, dans quelques logements, on note une augmentation des concentrations pour certains polluants dont l'origine reste difficile à identifier.

