

HOME'AIR

Evaluation de la qualité de l'air dans des Bâtiments Basse Consommation de la région Centre

Référence : LIGAIR 2012-QAI-2517



Région Centre

Lig'Air - Surveillance de la qualité de l'air en région Centre

3 rue du Carbone - 45 100 ORLEANS

Tel : 02.38.78.09.49 - Fax : 02.38.78.09.45 - Courriel : ligair@ligair.fr - Site internet : www.ligair.fr

SOMMAIRE

1. Introduction	2
2. Présentation de l'étude	3
2.1. Localisation des maisons	3
2.2. Polluants surveillés	4
2.2.1. Les Composés Organiques Volatils (COV)	4
2.2.2. Les aldéhydes	5
2.2.3. Le dioxyde d'azote (NO ₂)	6
2.2.4. Les acariens	6
2.2.5. Les particules fines (PM _{2,5})	7
2.2.6. Les paramètres de confinement	8
2.3. Durée, périodicité	9
3. Résultats	9
3.1. Le dioxyde d'azote (NO ₂)	10
3.2. Les aldéhydes	12
3.3. Les Composés Organiques Volatils (COV)	16
3.4. Les particules fines (PM _{2,5})	21
3.5. Les paramètres de confinement	23
3.6. Les acariens	25
4. Bilan	27
Conclusion	29
Annexe 1 : les polluants	31
Annexe 2	34
Annexe 3 : Questionnaire d'activités	39
Annexe 4	41
Index des sigles utilisés :	42

1. Introduction

Contrairement à la pollution de l'air extérieur étudiée et réglementée depuis de nombreuses années, celle de l'air intérieur est assez peu connue et ne fait l'objet que de peu de réglementations. L'Anses (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) et le Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP) ont proposé une série de valeurs-guides des principaux polluants rencontrés dans l'air intérieur. Depuis décembre 2011, un décret¹ instaure des valeurs-guides pour les deux principaux polluants en air intérieur : le formaldéhyde et le benzène. Ce décret est lié à celui² instaurant de manière progressive l'obligation de surveiller périodiquement la qualité de l'air intérieur dans les Etablissements Relevant du Public (ERP). Cette obligation devra être satisfaite avant le 1^{er} janvier 2015 pour les établissements d'accueil collectif d'enfants de moins de 6 ans (dont les écoles maternelles), puis sera étendue au 1^{er} janvier 2018 aux écoles primaires. Des précédentes études, telle que la « Campagne nationale Logements » de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI), permettant de dresser un état représentatif de la qualité de l'air intérieur des 24 millions de résidences principales en France métropolitaine³, ont montré que les concentrations de certains polluants dans l'air intérieur des locaux pouvaient être supérieures à celles rencontrées à l'extérieur. Ces résultats ont été confirmés par des campagnes menées par l'ensemble des Associations Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) au sein de logements privés, ou comme le projet « AICOLE » (caractérisation de la qualité de l'Air à l'Intérieur des éCOLEs) réalisé par Lig'Air en 2009 dans 27 écoles de la région Centre. Ce qui accorde une importance d'autant plus grande à la qualité de l'air intérieur, puisqu'il est estimé que nous passons en moyenne 80% de notre temps dans des environnements clos.

Home'Air est une campagne de mesures de la qualité de l'air dans des logements BBC de la région Centre. Le sigle BBC, Bâtiment Basse Consumation (sous-entendu énergétique), regroupe une certaine catégorie de bâtiments soumis à réglementation, dont la consommation énergétique nécessaire à leur fonctionnement est inférieure à celle d'un bâtiment « classique ». Un logement certifié BBC ne doit pas dépasser 50 kWhEP/m²/an (kiloWattheure d'énergie primaire⁴ par mètre carré et par an), cette valeur est susceptible de varier en fonction de la région où se situe le bâtiment. Cela implique, entre autres, une meilleure isolation thermique, une position efficace des ouvertures vers l'extérieur, et une étanchéité à l'air maîtrisée. Le label BBC est une norme officielle, créée par l'arrêté du 3 mai 2007



Figure 1 : Une des six maisons BBC sélectionnées dans le cadre de l'étude Home'Air

¹ Décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène

² Décret n° 2011-1728 du 2 décembre 2011 relatif à la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public

³ Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur – Campagne nationale Logements – Etat de la qualité de l'air dans les logements français – Novembre 2006 (mise à jour mai 2007)

⁴ Energie primaire : Chauffage, refroidissement, ventilation, production d'eau chaude sanitaire, éclairage

relatif au contenu et aux conditions d'attribution du label « haute performance énergétique » qui, à partir du 1^{er} Janvier 2013, sera applicable à toute nouvelle construction.

Il existe très peu d'études de la qualité de l'air intérieur de ces bâtiments mieux isolés et plus étanches à l'air extérieur. Or, dans des bâtiments où l'isolation thermique est importante, la qualité de l'air peut devenir une préoccupation. En effet, un manque de ventilation et d'aération peut engendrer un mauvais renouvellement de l'air et ainsi une qualité de l'air dégradée.

Le projet Home'Air est un projet novateur qui s'inscrit dans la continuité du développement des connaissances en air intérieur. A l'initiative de la région Centre, 6 logements classés Bâtiments Basse Consommation (BBC) ont été soumis à un ensemble de mesures de polluants fréquemment rencontrés en air intérieur sur une période d'un an. Ces maisons ont été sélectionnées parmi les lauréats du concours « maison individuelle à basse consommation d'énergie » organisé par la région Centre en 2010. De par sa durée et le type de ses maisons échantillonnées, une telle étude au sein d'habitations privées est une première en région Centre.

Le principal objectif de cette étude multi-polluants est d'investiguer la qualité de l'air au sein de logements classés BBC. Il sera ensuite possible de comparer les concentrations obtenues aux résultats d'autres études menées en France afin de pouvoir situer ces habitations ainsi qu'aux nouvelles valeurs-guides. Enfin les résultats obtenus sur l'ensemble des polluants permettront d'enrichir les bases de données sur l'air intérieur dans les maisons BBC.

2. Présentation de l'étude

Cette étude pilote visant à caractériser la qualité de l'air intérieur dans 6 maisons BBC de la région Centre, a été réalisée à l'initiative du Conseil Régional du Centre.

Dans le cadre de l'étude Home'Air, une large gamme de polluants a été suivie au cours de l'année 2011.

Home'Air se présente avant tout comme une étude participative, basée sur le volontariat des habitants des 6 maisons sélectionnées. A ce titre, Lig'Air tient à remercier les propriétaires pour leur accueil et leur participation, très efficace, à cette étude.

2.1. Localisation des maisons

La campagne Home'Air a été effectuée sur un ensemble de 6 maisons BBC au sein de la région Centre. La figure 2 présente la localisation géographique de ces logements dans les différents départements de la région. La répartition est la suivante : 1 famille dans le Cher (Plaimpied Givaudins), 2 dans l'Indre-et-Loire (Saint-Martin-le-Beau et Rochecorbon) et 3 dans le Loiret (Ingré et Vienne-en-Val). Pour des raisons pratiques et en vue de conserver l'anonymat des familles participant à cette étude, une lettre de A à F a été attribuée à chaque logement.

Les 6 habitations échantillonnées sont des constructions récentes (tableau 1), 3 possèdent une ossature bois, et les 3 autres sont en



Figure 2 : Logements participant à l'étude Home'Air

maçonnerie traditionnelle (parpaings ou briques alvéolées). Toutes sont équipées de VMC certaines à simple flux et d'autres à double flux. Leurs superficies varient de 84 à 202 m². Des poêles équipent 4 des 6 maisons dont trois comme source principale de chauffage. Seules 2 maisons n'ont pas de garage attenant ou en sous-sol.

Enfin pour les maisons E et F, la construction n'étant pas complètement achevée début 2011, des travaux de finition ont été réalisés au cours de cette même année (pose de plaques de plâtre, installation d'une cuisine, peintures, ...).

Porteur de projet	date installation	Zone	Type de construction	Type de ventilation	Type de chauffage	Nbre de personnes composant le foyer	Superficie	Nbre d'étages	Présence d'un garage communicant
A	déc-10	Rurale	maison traditionnelle	Simple flux	chaudière gaz à condensation	3	112 m ²	plain-pied	oui en sous-sol
B	déc-09	Rurale	en bois	Double flux avec puits canadien	poêle à granulés	4	169 m ²	plain-pied	non
C	2009	Péri-urbaine	maison traditionnelle	Simple flux	chaudière gaz à condensation et en appoint poêle à bois	3	134 m ²	1	oui
D	juil-09	Urbaine	en bois	Double flux	poêle à bois	3 semaine et 5 le week end	173 m ²	1	oui en sous-sol
E	nov-10 mais travaux de finition en 2011	Urbaine	maison traditionnelle	Simple flux	chaudière gaz à condensation	5	202 m ²	1	oui
F	mai-10 mais travaux de finition en 2011	Rurale	en bois	Simple flux	poêle à bois	2	84 m ²	1	non, séparé de la maison

Tableau 1 : Caractéristiques des maisons Home'Air

2.2. Polluants surveillés

Chaque mesure des polluants ci-dessous a été réalisée dans la pièce principale des 6 maisons BBC. Exception faite du prélèvement pour les allergènes d'acariens qui a été réalisé dans la chambre des propriétaires de l'habitation.

2.2.1. Les Composés Organiques Volatils (COV)

Les Composés Organiques Volatils (COV) sont des composés chimiques que l'on retrouve principalement sous forme gazeuse à température ambiante. Ils sont très souvent utilisés dans la fabrication de peintures, colles, tissus neufs, moquette, désodorisants, produits d'entretien. Le tabagisme est également une source importante de COV en air intérieur.

Le tableau 2 présente les 19 COV suivis lors de cette étude.

benzène	1-méthoxy-2-propanol	trichloroéthylène	toluène
tétrachloroéthylène	éthylbenzène	m+p-xylène	styrène
o-xylène	2-butoxyéthanol	alpha-pinène	n-décane
1,2,4-triméthylbenzène	1,4-dichlorobenzène	limonène	n-undécane
naphtalène	2-butoxy-éthyl acétate	1-méthoxy-2-propyl acétate	

Tableau 2 : Liste des Composés Organiques Volatils (COV) suivis dans le programme Home'Air

Leurs effets sur la santé sont peu connus pour la plupart mais en l'état actuel des connaissances, ils varient de la simple gêne olfactive à une irritation des voies respiratoires. Certains d'entre eux comme le benzène et le toluène peuvent provoquer des risques de cancers ou avoir des effets sur la

reproduction. Le benzène est d'ailleurs classé comme agent cancérigène pour l'homme (groupe 1) par le Centre International de la Recherche sur le Cancer (CIRC).

Les prélèvements de COV ont été effectués par échantillonnage passif dans la pièce principale de chaque maison, 1 semaine par mois. Cette méthode ne nécessite pas de pompe, et ne provoque donc pas de gêne sonore.

Les polluants présents dans l'air sont piégés sur un adsorbant spécifique par simple diffusion moléculaire. Le module d'échantillonnage se présente sous la forme d'un tube rempli ou imprégné d'adsorbant, qui se visse sur un kit de fixation (figure 3). Le tube, ainsi que son enveloppe externe, sont perméables à l'air afin de faciliter le transfert moléculaire. Une fois la période de mesure terminée, la cartouche contenant l'adsorbant a été envoyée à un laboratoire d'analyses qui détermine par désorption thermique et chromatographie en phase gazeuse (détection par ionisation de flamme), la quantité de polluant piégé sur la cartouche et donc une concentration moyenne sur les 7 jours de prélèvements.



Figure 3 : Dispositif de prélèvement passif

Le benzène est un des principaux indicateurs de la qualité de l'air intérieur. Il est le seul à être réglementé parmi les différents COV par des valeurs-guides fixées par le décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011¹ :

- **2 µg/m³ pour une exposition longue durée**
- à compter du 1^{er} janvier 2016
- **5 µg/m³ pour une exposition longue durée**
- à compter du 1^{er} janvier 2013

A ces valeurs-guides s'ajoute une valeur pour laquelle des investigations complémentaires doivent être menées⁵ :

- **10 µg/m³ comme valeur d'action rapide**

Pour certains autres composés organiques volatils, l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) et l'ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire) proposent des valeurs-guides qui sont regroupées en annexe 1 du rapport.

2.2.2. Les aldéhydes

Les aldéhydes regroupent un certain nombre de molécules dont la plus connue est le formaldéhyde. Ces polluants sont souvent présents dans les panneaux de particules, les agglomérés (meubles), les mousses isolantes, les colles, parquets stratifiés, produits de bricolage et d'entretien.

Leurs effets sur la santé varient. Le plus étudié, le formaldéhyde est irritant pour les yeux, le nez et la gorge. De plus il est classé cancérigène avéré pour l'homme (groupe 1) par le CIRC (Centre International de Recherche sur le Cancer) depuis 2004.

Le tableau 3 présente les 8 aldéhydes suivis lors de cette étude.

⁵ Décret n° 2012-14 du 5 janvier 2012 relatif à l'évaluation des moyens d'aération et à la mesure des polluants effectuée au titre de la surveillance de la qualité de l'air intérieur de certains établissements recevant du public

formaldéhyde	acétaldéhyde	pentanal	isopentanal
propanal	butanal	benzaldéhyde	hexanal

Tableau 3 : Liste des aldéhydes suivis dans le programme Home'Air

La mesure des aldéhydes a été faite par échantillonnage passif dans la pièce principale de chaque maison, 1 semaine par mois, suivant le même dispositif que pour la mesure des COV.

L'analyse du prélèvement se fait par HPLC en phase inversée (couplée à un détecteur UV).

Le formaldéhyde est un des principaux indicateurs de la qualité de l'air intérieur. Il est réglementé avec les valeurs-guides suivantes¹:

- **10 µg/m³ pour une exposition longue durée**
- à compter du 1^{er} janvier 2023
- **30 µg/m³ pour une exposition longue durée**
- à compter du 1^{er} janvier 2015

A ces valeurs-guides s'ajoute une valeur pour laquelle des investigations complémentaires doivent être menées⁵ :

- **100 µg/m³ comme valeur d'action rapide**

Pour certains autres aldéhydes, des VME (Valeur Moyenne d'Exposition dans l'univers du travail) ont été fixées. L'OMS propose également des valeurs-guides pour le formaldéhyde et l'acétaldéhyde. Ces valeurs sont regroupées dans l'annexe 1.

2.2.3. Le dioxyde d'azote (NO₂)

Le dioxyde d'azote (NO₂) est un gaz irritant, en concentration importante, il peut provoquer une irritation du nez et de la gorge ainsi que des troubles respiratoires. Ses origines sont liées à la combustion qu'elles soient mobiles (trafic automobile) ou fixes. En air intérieur, ses principales sources sont liées à la préparation des repas, au chauffage (cheminée, poêle, chaudière, ...), au tabagisme, au démarrage des voitures dans les garages avec accès direct à la maison, à l'environnement extérieur (proximité d'un grand axe routier), ...

La mesure du NO₂ a été réalisée par prélèvements passifs, suivant le même dispositif et la même fréquence que pour la mesure des COV et des aldéhydes. Après prélèvement, les tubes ont été transmis pour analyse au laboratoire PASSAM (Suisse).

A l'heure actuelle, il n'existe pas de réglementation pour l'air intérieur concernant le NO₂. Cependant les concentrations obtenues seront comparées à titre indicatif à la valeur limite applicable en air extérieur.

- **40 µg/m³ comme valeur limite et objectif de qualité**
- pour une moyenne annuelle

2.2.4. Les acariens

Invisibles à l'œil nu du fait de leur petite taille, ils sont présents dans toutes les maisons en plus ou moins grande quantité (figure 4). Ils aiment les milieux chauds et humides. Les acariens sont présents dans les literies (matelas, sommiers tapissiers, couettes, oreillers, ...), les



Figure 4 : acarien (source : www.acariens.net)

fauteuils, les tissus d'ameublement, les tapis et moquettes, les peluches. Ils se nourrissent des peaux mortes de notre organisme. Les personnes sensibles aux acariens, sont en fait allergiques à leurs excréments.

Chez les patients allergiques aux acariens les effets peuvent être multiples : asthme (gêne respiratoire, sifflement, toux), rhinite (écoulement nasal, éternuement), allergie oculaire, conjonctivite.

Deux types d'allergènes d'acariens ont été suivis durant cette étude : *Dermatophagoïdes pteronyssinus* (Der p1) et *Dermatophagoïdes farinae* (Der f1). Ce sont les protéines allergisantes les plus importantes dans la poussière de maison, elles sont responsables de manifestations allergiques respiratoires et cutanées chez l'homme.

L'exposition aux allergènes d'acariens ne pose aucun problème de santé aux personnes non sensibilisées, soit près de 80% de la population

Il n'existe pas de seuil réglementaire. Malgré tout, deux rapports suggèrent les seuils suivants :

- 2 µg d'allergènes par gramme de poussière comme seuil de sensibilisation⁶
 - au-delà de cette concentration, il existe un risque pour certaines personnes de produire de façon anormalement élevée des anticorps de l'allergie.
- 10 µg d'allergènes par gramme de poussière comme seuil d'apparition de symptômes⁷
 - au-delà de cette concentration, les patients allergiques ont des symptômes.

Les prélèvements ont été réalisés par aspiration du matelas pendant quelques minutes (figure 5). La poussière est récoltée sur un filtre qui est envoyé au laboratoire d'analyses. La concentration en allergène en microgramme par gramme de poussière est déterminée selon la méthode ELISA (méthode mentionnée dans la norme expérimentale X43-404).

Deux prélèvements ont été réalisés au cours de l'étude Home'Air sur l'ensemble des 6 maisons participantes : l'un au printemps, l'autre en hiver.



Figure 5 : Méthode de prélèvement d'acariens par aspiration

2.2.5. Les particules fines (PM_{2,5})

Les PM_{2,5} (Particulate Matter), sont les particules en suspension dans l'air d'un diamètre inférieur à 2,5 micromètres. Elles peuvent provenir de sources extérieures (trafic automobile, incinération, chauffage, poussières naturelles) via la ventilation. Il existe également des sources au sein même de l'habitation : le tabagisme, la cuisson des aliments, le chauffage, le bricolage.

⁶ Platts-Mills et Al. Indoor allergens and asthma : Report of the Third International Workshop, Journal of allergy and clinical immunology, 1997, vol.100, n°6, S2-S24)

⁷ Les acariens de G. PAULI et M. OTT

Du fait de leur petite taille, ces particules peuvent jouer un rôle sur la santé, elles pénètrent facilement dans les voies respiratoires jusqu'aux alvéoles pulmonaires où elles s'y déposent et peuvent ainsi altérer la fonction respiratoire des personnes les plus sensibles (enfants, personnes âgées, asthmatiques).

La mesure de ces poussières a été réalisée à partir d'un néphélomètre portatif : « Thermo Scientific pDR-1500 » (figure 6). Cet appareil permet une mesure en temps réel de la concentration massique des particules en suspension dans l'air.



Figure 6 : Appareil de mesure portatif des particules fines (PM_{2,5})

Il n'existe pas, en France, de valeur-guide pour les particules en suspension en air intérieur. Seule l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a défini deux valeurs de gestion en ce qui concerne l'exposition à ces particules fines :

- **25 µg/m³ sur 24 heures**
- **10 µg/m³ pour une exposition longue durée**

Ce dispositif de mesure des PM_{2,5} a été placé pour deux séries de prélèvements (5 à 10 jours chacun) dans les logements B et E, l'une en période de chauffe et l'autre en période estivale.

2.2.6. Les paramètres de confinement

L'ambiance confinée d'une pièce peut facilement être définie par la quantité de dioxyde de carbone (CO₂). Ce gaz est rejeté dans l'air lorsque nous respirons et s'accumule dans la pièce. Les concentrations en CO₂ permettent de déterminer si une pièce est trop confinée, c'est-à-dire si le renouvellement d'air dans la pièce est correct ou non. Un confinement trop important peut conduire à une accumulation d'éventuels polluants.

Cette mesure est effectuée à partir d'un Q-TRAK (figure 7), qui effectue simultanément une mesure de dioxyde de carbone, de température et d'humidité relative.



Figure 7 : Appareil de mesure des paramètres de confinement

Il n'existe pas actuellement de valeurs réglementaires. Toutefois, deux valeurs permettant de décrire l'ambiance de la pièce ont été fixées par le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), à partir des concentrations en CO₂ mesurées :

- **Concentration supérieure à 1000 ppm de CO₂**
 - l'ambiance de la pièce est légèrement confinée
- **Concentration supérieure à 1700 ppm de CO₂**
 - l'ambiance de la pièce est confinée, il y a nécessité d'ouvrir les fenêtres pour renouveler l'air

Cet instrument de mesure a été placé dans la pièce principale de la maison E, sur toute la durée de l'étude Home'Air (janvier-décembre 2011).

2.3. Durée, périodicité

La particularité et l'atout principal de l'étude Home'Air est qu'elle a été réalisée sur une année entière. Les prélèvements ont débuté en janvier 2011, pour se terminer en décembre 2011. Les mesures des aldéhydes, NO₂ et COV ont été effectuées à raison d'une semaine par mois (à l'exception de la famille D pour qui les mesures ont commencé au mois d'avril).

Compte tenu de l'éloignement géographique des habitations et afin d'obtenir des périodes d'échantillonnage similaires sur les 6 maisons, les propriétaires ont été associés à cette étude en leur confiant la gestion des poses et déposes des préleveurs passifs. Chaque mois, ces installations ont été réalisées par leurs soins, puis les tubes nous ont été retournés pour être analysés en laboratoire. De plus un questionnaire d'activités (disponible en annexe 3) a été remis chaque mois aux 6 familles, ce questionnaire a pour objectif de recenser les activités qui ont eu lieu dans la pièce lors de périodes de prélèvements (ouvertures des fenêtres, activités ménagères, ...).

Concernant les autres polluants :

- deux séries de prélèvements d'acariens ont été réalisées dans chacune des 6 maisons BBC, une première au printemps, la seconde en hiver.
- Dans les maisons B et E, les particules fines (PM_{2,5}) ont été suivies sur 2 périodes (hors chauffe et en chauffe).
- Le confinement a été mesuré toute l'année dans la maison E.

Le tableau 4 présente la fréquence à laquelle les polluants ont été mesurés, ainsi que les logements concernés.

<u>Polluant mesuré</u>	<u>Prélèvements sur l'année</u>	<u>Maison(s)</u>
Aldéhydes	1 sem/mois tous les mois	A, B, C, D, E, F
NO ₂	1 sem/mois tous les mois	A, B, C, D, E, F
COV	1 sem/mois tous les mois	A, B, C, D, E, F
Acariens	2 séries de prélèvements	A, B, C, D, E, F
PM _{2,5}	2 séries de mesures	B, E
Confinement	en continu/ponctuel	E

Tableau 4 : Liste des polluants suivis avec leurs périodes de prélèvements et les lieux de mesures

3. Résultats

Seuls les résultats relatifs aux concentrations seront présentés dans ce rapport. Les niveaux de chaque polluants seront comparés aux valeurs-guides lorsqu'elles existent et aux résultats obtenus dans des études antérieures régionales (AICOLE, HABIT'AIR⁸) ou nationales (étude logement de l'OQAI⁹).

⁸ « Connaissance de la Qualité de l'Air Intérieur en région Nord-Pas de Calais » - Programme HABIT'AIR

⁹ OQAI – Campagne nationale Logements – Etat de la qualité de l'air dans les logements français – Nov 2006

Les relations susceptibles d'exister entre le comportement des habitants et les niveaux observés feront l'objet d'une étude statistique. Cette dernière étude approchera le comportement des habitants à travers les questionnaires d'activités renseignés par les occupants durant les périodes de prélèvement. Elle aura comme but de mettre en relief les comportements à adopter ou à proscrire afin de maintenir une bonne qualité de l'air dans les maisons BBC.

3.1. Le dioxyde d'azote (NO₂)

Rappelons qu'il n'existe pas de réglementation pour l'air intérieur en ce qui concerne le dioxyde d'azote (NO₂), les concentrations seront comparées à titre indicatif à la valeur limite fixée pour l'air extérieur qui est de 40 µg/m³ en moyenne annuelle.

La figure 8 montre les moyennes annuelles des concentrations en NO₂, ainsi que les minima et maxima mesurés pour chacune des maisons. Ces données sont regroupées dans le tableau 5 ainsi que les moyennes observées par Lig'Air en air extérieur (tableau 5) au cours des mêmes périodes de mesures sur ses stations fixes les plus proches.

Famille	Min.	Moy.	Max.
A	4,8	9,3	15,8
B	8,5	12,0	20,3
C	2,9	4,6	7,2
D*	4,3	8,6	15,6
E	11,1	20,6	37,9
F	5,9	7,7	10,8

Tableau 5 : Concentrations annuelles en dioxyde d'azote en µg/m³
*début des mesures en avril 2011

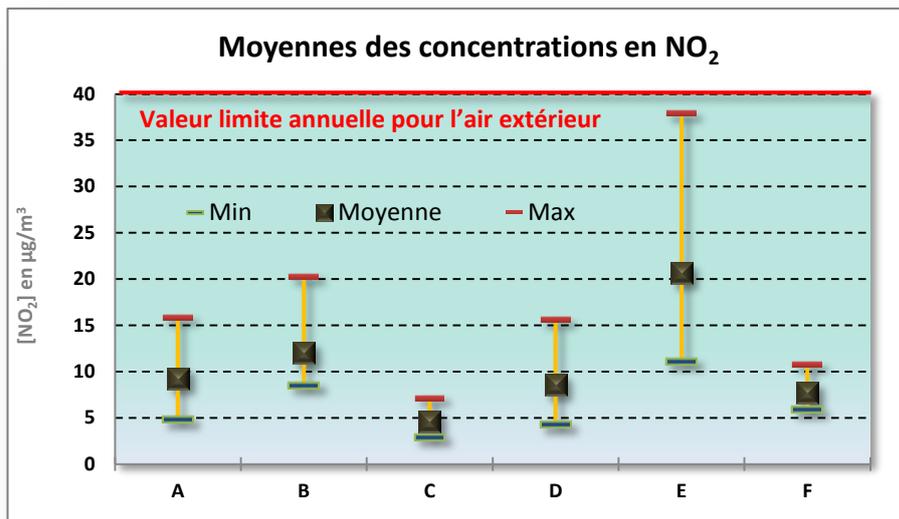


Figure 8 : Moyennes annuelles des concentrations en NO₂

Tableau 6 : Concentrations en air extérieur en NO₂, pendant les périodes de prélèvements sur les stations fixes urbaines de Lig'Air.

Unité : µg/m ³	Orléans	Tours	Bourges
Moyenne annuelle NO ₂	17,2	16,9	14,0

Les moyennes annuelles en NO₂ de toutes les maisons étudiées sont inférieures à la valeur limite annuelle pour l'air extérieur (figure 8).

Les tableaux 5 et 6 montrent que les concentrations obtenues dans la maison E sont supérieures aux moyennes annuelles obtenues en air extérieur sur les stations de Lig'Air. Les concentrations dans les 5 autres maisons sont inférieures aux niveaux de fond observés en air extérieur.

Les variations mensuelles (figure 9) montrent que quel que soit le mois, les niveaux observés dans la maison E sont supérieurs à ceux des autres maisons. Le maximum des concentrations est enregistré durant le mois de juin. D'ailleurs l'ensemble des maisons enregistrent leur maximum en NO₂ durant ce mois de juin 2011 (période de mesure du 19 au 26 juin 2011). Durant cette période, les niveaux observés sur 5 maisons sont supérieurs aux concentrations moyennes en air extérieur (figure 9). Le niveau moyen maximum en air extérieur, quant à lui, est observé plutôt en période froide (figure 9). Période durant laquelle les concentrations en air extérieur sont supérieures à celles mesurées en air intérieur à l'exception de la maison E qui reste plus élevées durant les derniers mois de l'année.

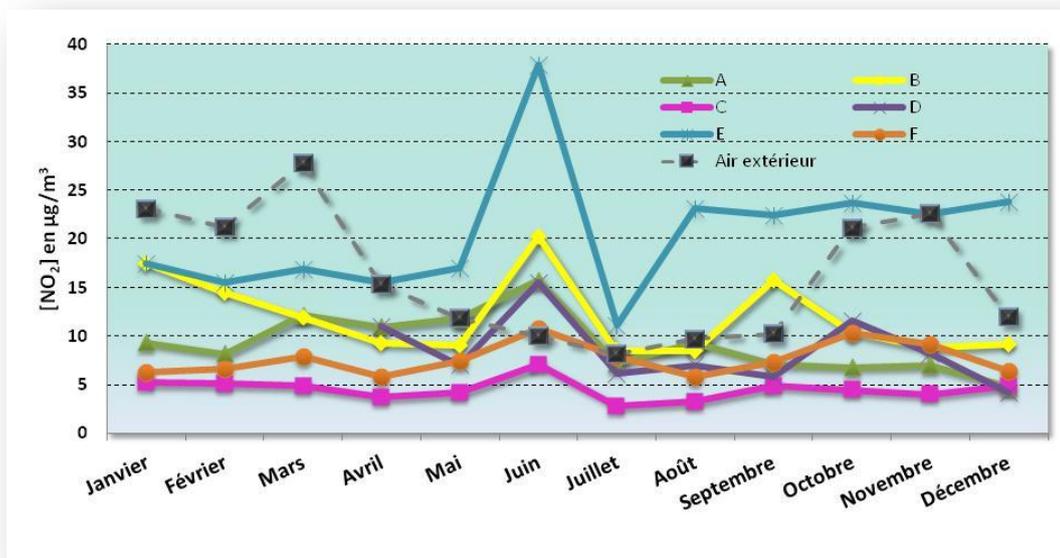


Figure 9 : Concentrations moyennes mensuelles en NO₂ relevées dans les 6 maisons
(Note : les mesures dans la maison D n'ont commencé qu'au mois d'avril)

D'une manière générale, le comportement annuel du NO₂ en air extérieur est caractérisé par de faibles concentrations estivales et les niveaux les plus importants enregistrés en période hivernale. Il ressemble dans ses grandes lignes à celui de l'air extérieur illustré dans la figure 9. En air intérieur, à l'exception du mois de juin, aucune variation saisonnière ne semble se dégager. L'augmentation généralisée des niveaux au mois de juin 2011 ne peut pas traduire, à elle seule, une tendance estivale.

Sur le plan météorologique, l'été 2011 s'est montré, à l'exception du mois de juin, plus humide que ceux des trois dernières années et nettement plus frais que les deux derniers étés. En effet, la période de prélèvement du mois de juin était une semaine particulièrement estivale la température maximale était de 32 °C (source : Météo France) le dimanche 26 juin (date de la fin de prélèvement). De telles conditions ont sans doute incité les habitants des maisons à entretenir leur jardin en utilisant des engins thermiques (tondeuses, ...) et/ou à préparer leurs repas en extérieur (barbecues). De plus avec de telles températures, les comportements vis-à-vis des ouvrants changent : les portes et les fenêtres restent généralement plus longtemps ouvertes, favorisant les échanges entre l'environnement extérieur proche et l'air intérieur.

La maison E présente un niveau de fond supérieur à celui des autres maisons et même à ceux en air extérieur (cf. ci-dessus). L'environnement de cette maison se distingue de celui des autres par la présence à 500 m, à vol d'oiseau, de l'embranchement des autoroutes A10 et A71, ainsi que par la présence à 80 m d'un transporteur routier. L'étude AICOLE a montré que les niveaux en NO₂ dans l'air intérieur varient suivant la typologie de l'école rurale ou urbaine. Les niveaux les plus élevés sont enregistrés dans les écoles urbaines et sont similaires aux niveaux observés dans l'environnement

proche. Par conséquent, les niveaux relativement élevés en NO₂ dans la maison E peuvent être expliqués par l'influence des émissions extérieures voisines. Cependant dans le cadre de cette étude, aucune mesure extérieure n'a été réalisée dans le périmètre de la maison E.

Actuellement, il existe peu d'études dans lesquelles le dioxyde d'azote est mesuré en air intérieur. Le tableau 7 compare les concentrations en dioxyde d'azote obtenues, à celles d'autres études menées par l'OQAI et par Lig'Air. La concentration moyenne en NO₂ obtenue dans l'étude Home'Air est largement inférieure à celles de l'étude de l'OQAI. Elle est du même ordre de grandeur que celle obtenue dans l'étude AICOLE.

(µg/m ³)	Logements Home'Air	Campagne AICOLE ¹⁰	Etude réalisée par l'OQAI ¹¹	
	NO ₂	NO ₂	NO ₂ - Lille	NO ₂ - Dunkerque
Minimum	2,9	0,54	9	6
Moyenne	10,5	10,6	32	31,5
Maximum	37,9	41,26	229	296

Tableau 7 : Comparaison des résultats en NO₂ des logements Home'Air avec l'inventaire de l'OQAI

3.2. Les aldéhydes

Au total 8 aldéhydes ont été mesurés par prélèvements passifs chaque mois, dans toutes les maisons, à raison d'une semaine par mois comme pour le NO₂. Seul le formaldéhyde est réglementé. Les valeurs-guides ont été fixées à 30 µg/m³ pour une exposition longue durée à compter du 1^{er} janvier 2015 et 10 µg/m³ au 1^{er} janvier 2023 dans les Etablissements Recevant du Public (ERP)¹. Pour rappel ces valeurs-guides ont été définies « pour un espace clos donné, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine » (cf. Décret n°2011-1727 du 2 décembre 2011).

Les autres aldéhydes ne font l'objet d'aucune réglementation française ou européenne en dehors du milieu de travail.

La quasi-totalité des maisons présentent des valeurs inférieures à la valeur d'exposition longue durée (30 µg/m³) applicable en 2015 (figure 10). La maison E avec une concentration moyenne de 31,28 µg/m³ est la seule maison qui dépasse légèrement ce seuil (tableau 8 et figure 10). La valeur-guide applicable à partir de 2023 est respectée par la maison B, et atteinte par la maison C. Le maximum atteint lors de cette étude en valeur individuelle est de 37,7 µg/m³ en juillet 2011 (maison E, tableau 8) soit près de 3 fois moins que le seuil d'action rapide fixé à 100 µg/m³.

¹⁰ AICOLE : L'Air à l'Intérieur des écoles en région Centre - Lig'Air 2009

¹¹ Observatoire de la qualité de l'air intérieur - Inventaire des données Françaises sur la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments : actualisation des données sur la période 2001-2004. Rapport d'Octobre 2004

Famille	Min.	Moy.	Max.
A	12,4	16,20	20,5
B	5,8	6,88	9,2
C	4,7	10,80	15,4
D*	17,5	22,15	29,2
E	23,5	31,28	37,7
F	19,6	26,00	31,9

Tableau 8 : Concentrations annuelles en formaldéhyde en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 *début des mesures en avril 2011

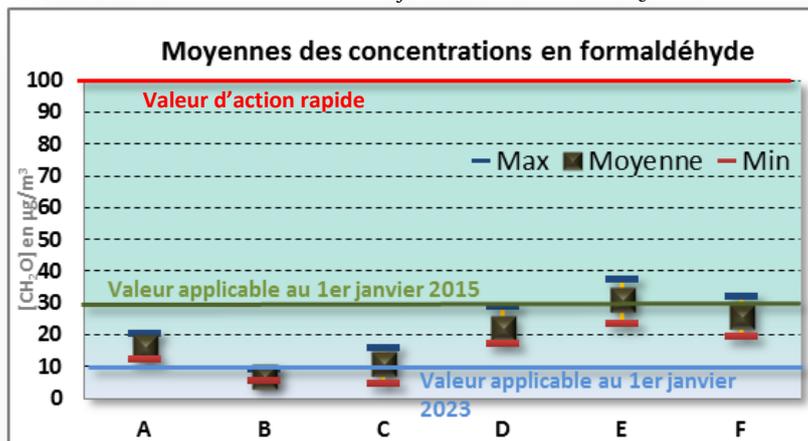


Figure 10 : Moyennes annuelles des concentrations en formaldéhyde

Le formaldéhyde est un composé chimique dont les concentrations en air intérieur sont généralement plus élevées en été qu'en hiver (AICOLE, Aldéhydes dans l'air intérieur des écoles maternelles et des crèches en Rhône-Alpes¹²). Ce comportement saisonnier semble être observé notamment dans les maisons C, D, E et F (figure 11). Pour ces maisons, les périodes d'exposition aux concentrations les plus élevées en formaldéhyde sont situées en période estivale.

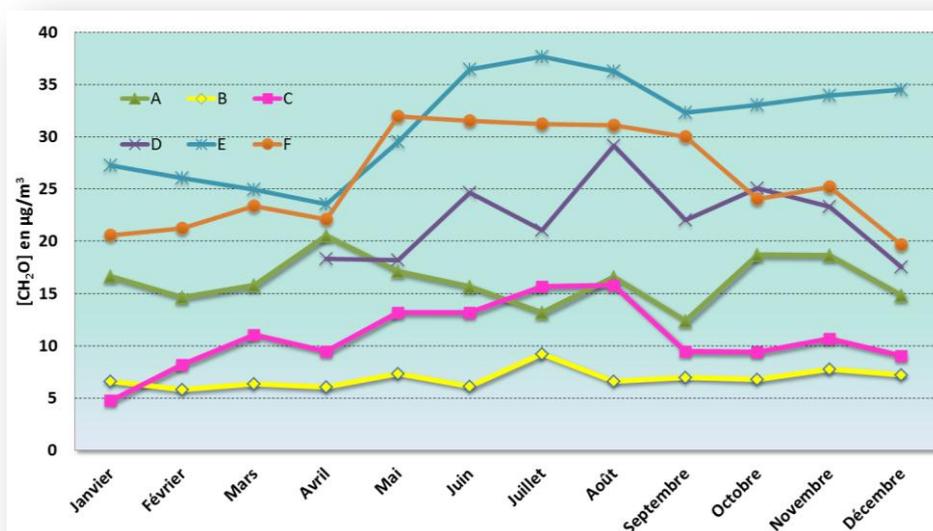


Figure 11 : Concentrations mensuelles en formaldéhyde (unité : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Le comportement du formaldéhyde dans les maisons A et B est différent de celui des autres maisons. Il présente de faibles variabilités, en particulier pour la maison B, et les concentrations semblent être indépendantes de la saison. Cependant, un niveau relativement supérieur dans l'habitation A est constaté.

La maison B reste de loin la maison la moins polluée en formaldéhyde. Elle est la seule maison qui respecte la valeur-guide applicable en 2023. Elle est aussi la seule maison équipée d'un puits canadien couplé à une VMC double flux. Le maintien de la fraîcheur pendant les journées les plus chaudes, combiné à une bonne aération peuvent expliquer en partie l'absence de variation saisonnière et les faibles concentrations observées dans la maison B. En effet une étude américaine¹³

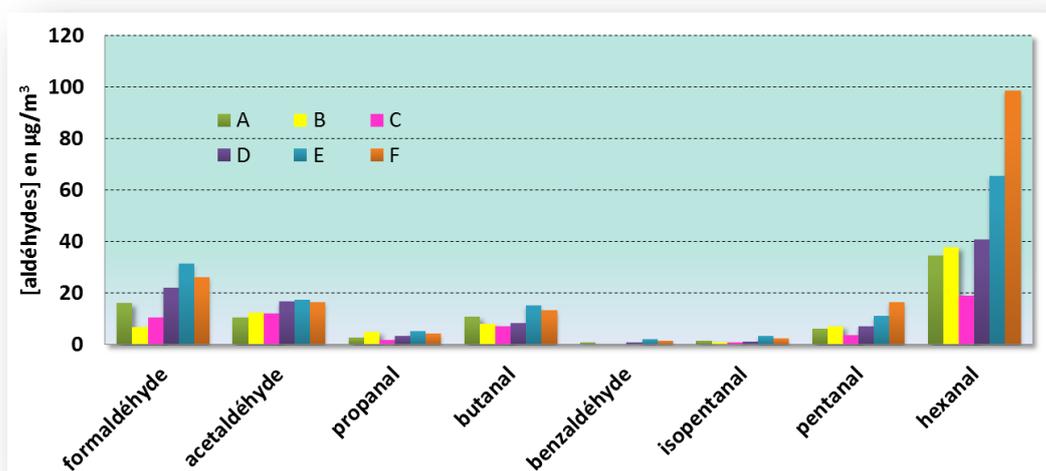
¹² Mesure des aldéhydes dans l'air intérieur des écoles maternelles et des crèches de la région Rhône-Alpes – Décembre 2007

¹³ An Update Revision of ATSDR's February 2007 Health Consultation : Formaldehyde Sampling of FEMA Temporary-Housing Trailers. Baton Rouge, Louisiana, September-October,2006. U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICE. October 2007.

menée sur les mobil-homes a montré que les concentrations en formaldéhyde sont associées à la température intérieure. Une augmentation de la température intérieure induit un accroissement des concentrations en formaldéhyde et inversement, une diminution de la température conduit à une décroissance des niveaux de ce polluant. Le lien entre la température intérieure et les concentrations en formaldéhyde s'explique principalement par l'effet de la température sur les sources diffuses de ce polluant (mobilier, matériaux de construction, colles, ...).

En plus du formaldéhyde, l'ensemble des aldéhydes qui ont été recherchés, ont été observés dans toutes les maisons étudiées (figure 12).

Figure 12 : Moyennes annuelles des concentrations en aldéhydes mesurées dans chacune des maisons



Le benzaldéhyde, l'isopentanal et le propanal sont les trois aldéhydes qui présentent les niveaux les plus faibles dans l'ensemble des 6 maisons (figure 12).

En ce qui concerne l'acétaldéhyde, ses concentrations annuelles sont plutôt homogènes d'une maison à l'autre (figure 12). En terme de concentration individuelle, on note l'absence de variation saisonnière sur l'ensemble des maisons (figure 13).

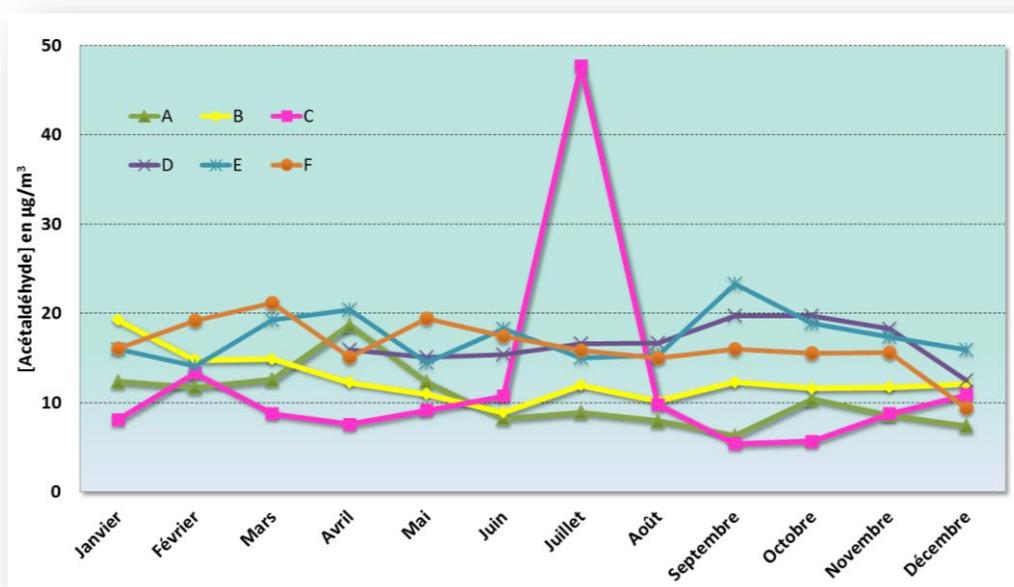


Figure 13 : Concentrations en acétaldéhyde dans chacune des maisons de janvier à décembre 2011

Le maximum de concentration en acétaldéhyde ($48 \mu\text{g}/\text{m}^3$) durant cette étude a été enregistré durant le mois de juillet dans la maison C. D'après le questionnaire d'activités, au cours de cette semaine de prélèvement, des travaux de peinture ont été réalisés dans cette maison. Il semblerait que cette concentration maximale en acétaldéhyde soit directement liée à ces travaux d'intérieur. Notons ici que la peinture utilisée est Eco Labélisée. L'Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS) a établi une fiche toxicologique de l'aldéhyde acétique (autre nom de l'acétaldéhyde) qui regroupe les origines et les valeurs limites d'exposition en milieu professionnel pour cette molécule¹⁴. En France, la Valeur Moyenne d'Exposition (VME) à court terme dans l'air des locaux de travail est de $180\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Les mesures faites au cours de l'année 2011 sont très largement en-dessous de cette VME.

L'aldéhyde rencontré en plus forte quantité en moyenne annuelle est l'hexanal. Ses concentrations annuelles ont présenté une grande variabilité d'un site à l'autre. Les concentrations extrêmes $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $99 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ont été enregistrées respectivement dans les maisons C et F. D'ailleurs, le comportement annuel de ce polluant est extrêmement différent dans ces deux maisons (figure 14). La figure 14 montre clairement la présence d'au moins deux comportements de ce composé dans les maisons étudiées. L'un marqué par une variation saisonnière (maisons E et F, l'autre par l'absence de cette variation. Les profils annuels de l'hexanal dans les maisons C et F encadrent ceux des autres maisons.

Les maisons E et F renferment les deux concentrations annuelles les plus élevées en hexanal. Ce constat est similaire pour le formaldéhyde avec une grande ressemblance des comportements de ces deux polluants dans ces deux maisons suggérant ainsi la similitude des processus d'émissions dans ces deux habitations (paramètres conditionnant les émissions de ces deux polluants).

Rappelons ici que contrairement au formaldéhyde, l'hexanal n'est pas réglementé en air ambiant (extérieur ou intérieur). L'annexe 1 regroupe les sources d'émissions ainsi que les valeurs réglementaires en milieu professionnel lorsqu'elles existent.

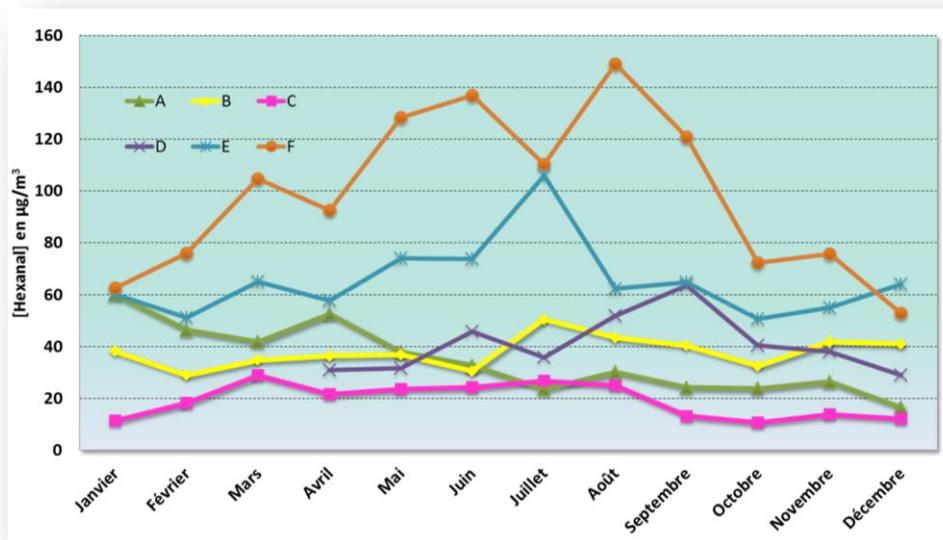


Figure 14 : Concentrations en hexanal dans chacune des maisons de janvier à décembre 2011

D'une façon générale, les maisons E et F sont les deux maisons qui renferment le plus d'aldéhydes en terme de concentration annuelle. La maison E présentait déjà les niveaux les plus élevés en NO_2 et en formaldéhyde.

¹⁴ <http://www.inrs.fr/accueil/produits/bdd/doc/fichetox.html?refINRS=FT%20120>

Le tableau 9 permet de comparer les concentrations du formaldéhyde et de l'acétaldéhyde obtenues dans les 6 maisons de Home'Air aux résultats nationaux ainsi qu'à ceux de la campagne Habit'Air. Cette campagne est une étude de la qualité de l'air dans 60 logements du Nord – Pas de Calais, réalisée de 2003 à 2006, par le Comité Départemental d'Habitat et d'aménagement Rural Pas-de-Calais (CDHR62). Cette comparaison n'est faite qu'à titre indicatif car le nombre et la nature des logements sont différents mais également le nombre de prélèvement par logement qui est nettement inférieur à celui réalisé dans Home'Air. Notons aussi que ces études n'ont pas été réalisées dans des maisons neuves contrairement à Home'Air.

(µg/m ³)	Logements Home'Air			Logements Habit'Air ⁸			Etude logements (OQAI) ¹⁵		
	<i>formaldéhyde</i>	<i>acétaldéhyde</i>	<i>hexanal</i>	<i>formaldéhyde</i>	<i>acétaldéhyde</i>	<i>hexanal</i>	<i>formaldéhyde</i>	<i>acétaldéhyde</i>	<i>hexanal</i>
Minimum	4,7	5,4	10,7	2,8	1,3	< 5	1,3	1,8	1,6
Médiane	18,2	14,5	41,0	17,1	9,8	13,5	19,6	11,6	13,6
Maximum	37,7	47,7	47,7	47,3	63,2	175	86,3	94,6	368,5

Tableau 9 : Comparaison des concentrations en formaldéhyde, acétaldéhyde et hexanal des 6 maisons BBC avec les résultats nationaux (OQAI) et Habit'Air

En terme de médiane, pour le formaldéhyde et l'acétaldéhyde, les logements de Home'Air sont similaires aux logements étudiés dans Habit'Air et ceux de l'étude nationale OQAI. Concernant l'hexanal, la médiane est plus importante pour l'étude Home'Air mais les maxima sont inférieurs à ceux des autres études.

Les maisons étudiées dans le cadre de l'étude Home'Air sont très récentes. Pour certaines, des travaux de finition ont eu lieu au cours de l'étude : installation d'une cuisine équipée, pose de plaques de plâtre, Les sources du formaldéhyde à l'intérieur des bâtiments sont de deux types : permanentes et à court terme. Les sources permanentes proviennent de l'ameublement, des matériaux de construction et celles à court terme résultent des activités des occupants (bricolage, utilisation de produits d'entretien). Les émissions des sources permanentes ne sont pas constantes dans le temps. Elles décroissent avec le temps. La désorption passive et naturelle entrainera une diminution progressive de ces émissions au fil du temps.

Concernant les sources à court terme, il est possible de les éliminer en choisissant des produits peu émissifs.

Globalement pour l'ensemble des maisons, les concentrations mesurées sont acceptables et ne nécessitent pas de préconisation particulière, si ce n'est de veiller à ce qu'elles n'augmentent pas.

3.3. Les Composés Organiques Volatils (COV)

Les mesures de composés organiques volatils ont été effectuées par prélèvements passifs, à raison d'une semaine par mois sur toute l'année. Au total 19 composés ont été suivis. Le benzène est le seul composé de cette famille soumis à réglementation : 5 µg/m³ pour une exposition longue durée à compter du 1^{er} janvier 2013 et 2 µg/m³ à compter de 2016. Pour rappel, ces valeur-guides ont été

¹⁵ Campagne nationale Logements – Etat de la qualité de l'air dans les logements français - OQAI

définies « pour un espace clos donné, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine » (cf. Décret n°2011-1727 du 2 décembre 2011).

D'autre part, l'Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail (AFSSET – aujourd'hui appelée Anses) a proposé des valeurs-guides de qualité de l'air intérieur pour d'autres composés. Ces dernières n'ont pas de caractère réglementaire, elles ont été choisies à la suite d'avis dans le but d'aider les autorités à l'élaboration de dispositions législatives et réglementaires. Le tableau 10 présente ces propositions de valeurs-guides.

Polluant	Proposition de valeurs-guides
Naphtalène ¹⁶	sur long terme : 10 µg/m ³
Trichloroéthylène (TCE) ¹⁷	sur long terme : 20 µg/m ³
Tétrachloroéthylène (TCE) ¹⁸	sur long terme : 250 µg/m ³

Tableau 10 : propositions de valeurs-guides de l'ANSES

Enfin, il existe également pour les terpènes, deux limites européennes d'exposition à courte durée issues de l'INDEX 2005¹⁹. Elles sont regroupées dans le tableau 11.

Polluant	Valeur-guide
Alpha-pinène	450 µg/m ³
Limonène	450 µg/m ³

Tableau 11 : Limites d'exposition à courte durée issues de l'INDEX 2005

Les concentrations moyennes annuelles en benzène sont comparées aux valeurs-guides dans la figure 15 et aux mesures faites par Lig'Air en air extérieur en 2011 sur les sites de proximité automobile d'Orléans et Tours dans le tableau 12.

Site	Min.	Moy.	Max
A	0,47	2,25	6,19
B	0,41	0,98	2,95
C	0,55	1,07	3,81
D	0,48	1,1	2,42
E	0,44	1,89	5,66
F	0,46	1,17	3,01
Air extérieur Orléans	0,7	1,3	2,1
Air extérieur Tours	0,2	1,1	2,07

Tableau 12 : Concentrations annuelles en benzène

*début des mesures en avril 2011

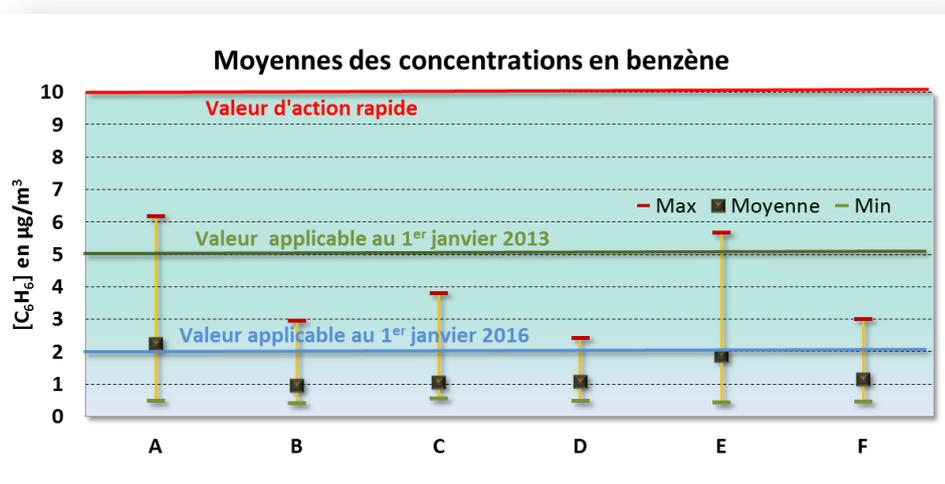


Figure 15 : Moyennes annuelles en benzène

¹⁶ AVIS de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail relative à la proposition de valeur guide de qualité de l'air intérieur pour le naphthalène. Auto-Saisine Afsset (2004). Le 26 août 2009

¹⁷ AVIS de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail relative à la proposition de valeur guide de qualité de l'air intérieur pour le Trichloroéthylène (TCE). Auto-Saisine Afsset (2004). Le 28 septembre 2009

¹⁸ Expertise collective : synthèse et conclusions relatives à la proposition de valeurs-guides de qualité de l'air intérieur pour le tétrachloroéthylène (perchloroéthylène). Auto-Saisine Afsset (2004)

¹⁹ Critical Appraisal of the Setting and Implementation of Indoor Exposure Limits in the European Union.

L'ensemble des mesures est resté très inférieur au seuil d'action rapide fixé à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Les valeurs-guides pour le benzène sont largement respectées, la quasi-totalité des maisons présentent des concentrations inférieures à la valeur définie pour 2016. Seule la maison A présente une valeur légèrement supérieure de $2,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. On remarque que 4 maisons sur 6 ont des concentrations similaires en benzène à celles retrouvées en air extérieur (tableau 7). Les maisons A et E renferment des niveaux relativement plus élevés que ceux de l'air extérieur.

La figure 16 représente les concentrations en benzène mesurées chaque mois pour toutes les maisons. On observe une évolution quasi identique pour l'ensemble des maisons. Tout d'abord des concentrations élevées de janvier à février, puis une diminution de celles-ci jusqu'en juin pour atteindre une valeur constante, inférieure à $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, pour le reste de l'année excepté pour la maison A où le mois de décembre augmente à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La concentration maximale mesurée a été de $6,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la maison A, au mois de janvier. Les niveaux du benzène dans cette maison ainsi que dans les maisons E et D restent largement supérieurs aux autres maisons durant les 5 premiers mois de l'année.

Le comportement du benzène ainsi décrit dans l'ensemble de ces maisons est différent de celui généralement observé en air extérieur, à savoir des fortes concentrations hivernales qui décroissent pour atteindre un minimum estival puis qui augmentent à partir de l'automne. La différence entre les comportements du benzène dans les maisons Home'Air et l'air extérieur suggèrent que les concentrations intérieures ne sont pas gouvernées par des sources extérieures.

La lecture des questionnaires d'activités indique la présence de fumeurs occasionnels dans les maisons A et D, ceci peut expliquer les niveaux relativement élevés durant les 5 premiers mois de l'année dans ces maisons mais pas leur diminution sur la fin de la campagne. D'ailleurs les occupants de la maison E ne sont pas fumeurs et le comportement du benzène dans cette maison est similaire à celui de la maison A. En dehors du tabac et l'échange avec l'air extérieur, les sources du benzène en air intérieur sont nombreuses et peuvent être présentes dans les produits courants. En effet, la présence de benzène a été notée non seulement dans les désodorisants mais aussi dans les nettoyants multi-usages²⁰. Les bougies parfumées et l'encens sont aussi d'importantes sources de benzène²⁰. A titre indicatif, un encens peut émettre jusqu'à $221 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de benzène sur une période d'utilisation de 1h30.

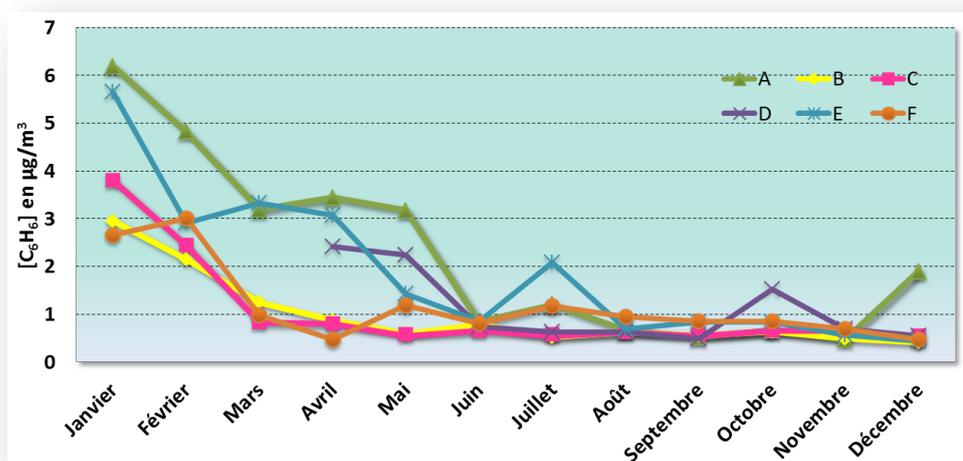


Figure 16 : Concentrations en benzène mesurées sur l'année dans chaque maison

²⁰ Rapport préliminaire en vue de l'étiquetage des produits de grande consommation - INERIS – N°INERIS-DRC-10-109458-04047B du 11/04/11

Les concentrations mesurées en benzène, comme pour les autres polluants, sont la résultante de l'ensemble de ces émissions. Ces dernières varient bien évidemment en fonction de la nature des produits utilisés et suivant leurs fréquences d'utilisation. Le choix des produits et le comportement des utilisateurs sont donc deux principaux facteurs qui semblent conditionner les niveaux observés. Dans la limite du possible et suivant les informations contenues dans les questionnaires, cet aspect sera approché dans l'étude statistique dédiée aux résultats Home'Air.

D'une manière générale, les niveaux observés dans les maisons Home'Air sont inférieurs à ceux rapportés par les études Habit'Air et logement de l'OQAI comme nous pouvons le constater dans le tableau 13.

µg/m ³	Logements Home'Air	Logements Habit'Air ⁸	Etude logements (OQAI) ¹⁵
	<i>Benzène</i>	<i>Benzène</i>	<i>Benzène</i>
Minimum	0,4	< 2	< 0,4
Médiane	0,8	< 2	2,1
Maximum	6,2	17,6	22,8

Tableau 13 : Comparaison des concentrations en benzène des logements Home'Air/Français (OQAI)

Enfin, rappelons ici que malgré les niveaux relativement élevés en benzène durant les premiers mois, l'ensemble des maisons étudiées respectent largement la valeur-guide applicable en 2013. Avec un changement de comportement des occupants et/ou du choix des produits utilisés, la valeur-guide applicable en 2016, devrait être respectée aussi dans les maisons A et E.

Les 14 autres COV sont présentés sur la figure 17.

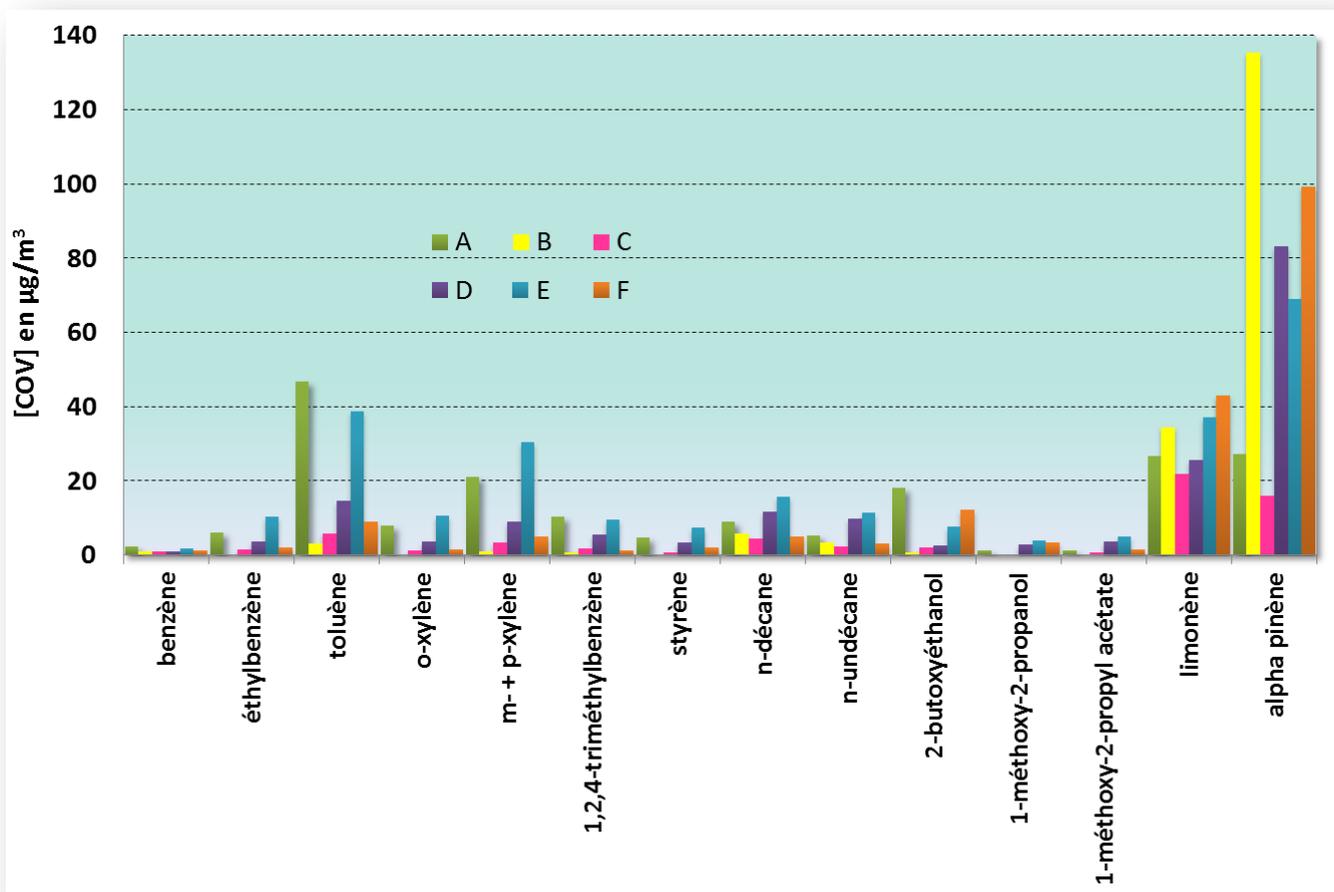


Figure 17 : Moyenne annuelle pour les COV mesurés dans les maisons Home'Air

Tous les COV recherchés dans cette étude ont été détectés sur l'ensemble des maisons étudiées. Cinq d'entre eux (1,4-dichlorobenzène, 2-butoxy-éthyl acétate, naphtalène, tétrachloroéthylène, trichloroéthylène) ont été détectés à des niveaux très faibles voire inférieurs aux limites de quantification analytique. Les moyennes maximales en tétrachloroéthylène et en naphtalène, respectivement de 1,21 et 0,62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sont largement inférieures aux valeurs-guides de l'ANSES (tableau 10).

La présence d'un tel panel de COV a été aussi notée dans d'autres études (tableau 14). Outre l'émission de ces polluants par les matériaux de construction, de finition, de décoration et le mobilier, ils sont aussi présents dans des produits utilisés fréquemment par les occupants (désodorisants, produits de nettoyage, ...) (cf. annexe 2).

	Campagne dans un bureau - ASPA 09082801-ID	Campagne dans les locaux du collège d'Heiligenstein - ASPA 10042303	Campagne dans les locaux du lycée Choiseul de Tours - Lig'Air 2011	Campagne dans le groupe scolaire Pasteur – Atmo Poitou Charentes QAI_EXT_09_197
benzène	0,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,7 - 0,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 - 8,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	<LQ - 1,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
éthylbenzène	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,3 - 0,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,4 - 0,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	5,2 - 58,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
toluène	3,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,6 - 1,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2,0 - 4,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	8,1 - 9,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
m- + p- xylène	3,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,8 - 2,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,0 - 1,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	22,5 - 148,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
o-xylène	1,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,3 - 0,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,4 - 0,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2,9 - 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
1,2,4-triméthylbenzène	8,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,5 - 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,0 - 1,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2,7 - 4,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
styrène	1,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,4 - 0,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,5 - 1,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,4 - 1,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
trichloroéthylène	0,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	< LQ	0,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	<LQ - 0,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
tétrachloroéthylène	2,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0 - 0,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,1 - 0,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
1,4-dichlorobenzène	0,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,1 - 0,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	<LQ - 0,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
n-décane	5,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	7 - 22,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,8 - 2,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,4 - 21,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
n-undécane	5,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		1,4 - 3,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2,2 - 4,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2-butoxyéthanol	15,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	< LQ - 1,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	0,4 - 6,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
1-méthoxy-2-propanol	9,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,1 - 1,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	1,2 - 53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
limonène	16,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,1 - 3,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	3,1 - 13,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,5 - 102,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
alpha pinène	57,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,6 - 3,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,5 - 4,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 - 5,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tableau 14 : Comparaison des concentrations de différents COV avec des études de l'ASPA (ASPA 09082801-ID, ASPA 10042303) d'Atmo Poitou Charentes (QAI_EXT_09_197) et de Lig'Air (étude dans les locaux du lycée Choiseul de Tours).

Parmi tous les COV mesurés, c'est la famille des monoterpènes (limonène et α -pinène) qui enregistre les plus fortes concentrations, en particulier l' α -pinène (figure 17).

Ces composés sont émis par le bois et les matériaux en bois, mais ils sont présents aussi dans les huiles essentielles, parfums, peinture naturelle, produits nettoyants, désodorisants d'ambiance, les cires,...

Ces dernières années, des concentrations plus importantes en monoterpènes dans l'air intérieur ont été rapportées et expliquées par l'utilisation croissante de produits naturels de mobiliers à base de

bois et de matériaux de construction naturels ou recyclés²¹. Ces mêmes études rapportent que des niveaux élevés en monoterpène ont été observés dans les nouvelles habitations notamment en bois. La figure 17 confirme ce résultat et montre que les concentrations les plus élevées, notamment en α -pinène, sont observées dans les maisons à ossature bois et/ou renfermant une grande densité en mobilier bois à savoir les maisons B, D et F.

Ces deux polluants sont suspectés d'être sensibilisants.

A l'heure actuelle, il n'existe pas de valeur-guide pour les monoterpènes. Les valeurs limites d'exposition proposées par le groupe de travail INDEX de la commission européenne, $450 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en α -pinène et $450 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en limonène, ont largement été respectées dans l'ensemble des maisons. A titre d'information, la concentration maximale en α -pinène, $202 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a été observée dans la maison B au mois d'octobre 2011. Celle du limonène, $128 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a été enregistrée dans la maison E en décembre 2011.



Comme pour le benzène, le reste de la famille des hydrocarbures aromatiques monocycliques (éthylbenzène, toluène, o-xylène, m+p-xylène et styrène) enregistrent leurs concentrations maximales dans les mêmes habitations, à savoir les maisons A et E suivies de la maison D (figure 17), laissant ainsi supposer la présence d'une source commune à cette famille dans chacune de ces maisons.

Dans la famille des hydrocarbures chlorés, le trichloréthylène n'a été observé que sur la maison D avec pour les mois d'avril et mai 2011 des concentrations relativement importantes de 44 et $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En plus de son émission par les peintures, les vernis et les colles, ce polluant peut trouver aussi son origine en air intérieur, dans les nettoyants multi-usages qu'ils soient sous forme de spray, liquide ou lingette et dans les nettoyants de surface sous forme de cire pour sols et meubles²⁰. La lecture du questionnaire d'activités pour ces deux mois n'indique pas de travaux particuliers dans cette habitation. L'utilisation d'un produit ménager renfermant le trichloréthylène reste privilégié. Les mois suivants, les concentrations ont fortement diminué en-dessous des $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ainsi, la moyenne sur l'année, à $11,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respecte la proposition de valeur-guide de l'ANSES sur le long terme qui est de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Au cours de l'étude, un prélèvement supplémentaire en COV a été réalisé dans la maison C suite à des travaux de peinture dans une chambre de l'habitation. Les résultats sont présentés en annexe 4.

3.4. Les particules fines (PM_{2,5})

Contrairement aux autres polluants, les particules fines de diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 2,5 micromètres ont été suivies uniquement dans deux maisons B et E. Les prélèvements ont été réalisés sur deux périodes pour chaque maison :

Maison B :	période hors chauffe du 3 au 17 octobre 2011
	période de chauffe du 8 au 19 décembre 2011
Maison E :	période hors chauffe du 22 août au 5 septembre 2011
	période de chauffe du 1 ^{er} au 5 décembre 2011

²¹ Les monoterpènes : sources et implications dans la qualité de l'air intérieur – Christelle Marlet, Georges Lognay – Biotechnol.Agron.Soc.Environ.2011 15(4),611-622

Les figures 18, 19, 20 et 21 présentent les résultats des mesures de particules fines, respectivement pour la période hors chauffe (maison B et maison E) et période de chauffe (maison B et maison E). Les concentrations en PM_{2,5} mesurées sont données en moyennes journalières, dans le but de les comparer à la valeur-guide de l'OMS, fixée à 25 µg/m³ pour une exposition sur 24 heures. Les concentrations obtenues seront également comparées à celles mesurées aux mêmes périodes, par les stations fixes de Lig'Air les plus proches (Joué-lès-Tours pour la maison B et Saint-Jean-de-Braye pour la maison E).



Figure 18 : Moyennes journalières en PM_{2,5} du 3 au 17 octobre 2011 (période hors chauffe) pour la maison B

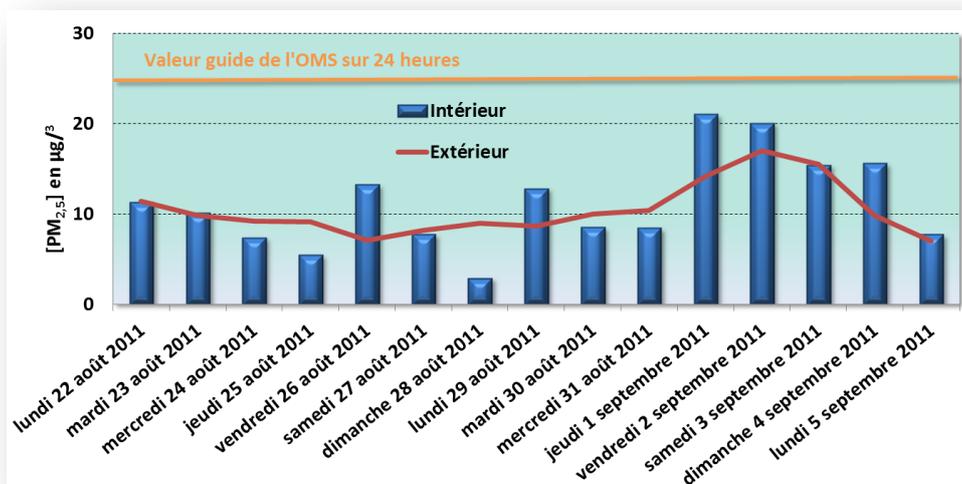


Figure 19 : Moyennes journalières en PM_{2,5} du 22 août au 5 septembre 2011 (période hors chauffe) pour la maison E



Figure 20 : Moyennes journalières en PM_{2,5} du 8 au 19 décembre 2011 (période de chauffe) pour la maison B

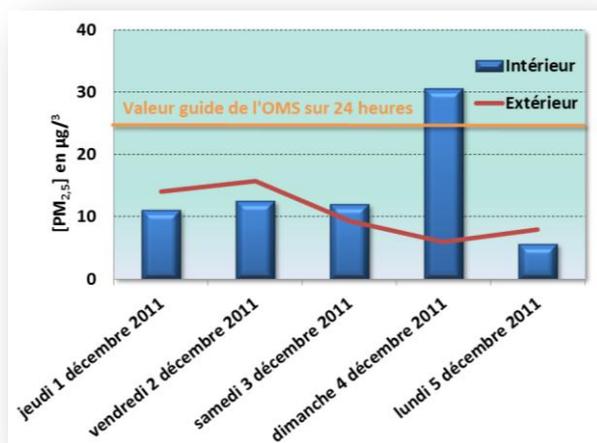


Figure 21 : Moyennes journalières en $PM_{2,5}$ du 1^{er} au 5 décembre 2011 (période de chauffe) pour la maison E

Pour l'ensemble des périodes, la valeur guide fixée par l'OMS ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 24 heures) n'a été dépassée qu'une seule fois, le 4 décembre, pour la maison E avec une valeur de $30,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La comparaison avec les mesures extérieures permet d'observer une bonne corrélation entre les deux milieux. Cette corrélation indique une influence de l'environnement extérieur mais cette influence n'explique pas tout. Pour les deux maisons, les concentrations ont été, à un moment ou à un autre, plus importantes en air intérieur qu'en air extérieur conduisant à l'hypothèse d'une source d'émission de particules fines à l'intérieur des maisons. Sur les deux périodes de mesures, les maxima observés l'ont été aux heures des repas. La préparation des repas et l'activité plus importante dans la maison à cette période-là (remise en suspension de particules) sont des sources d'émission de $PM_{2,5}$ dans l'air intérieur. De plus, elles peuvent être associées à une période de fonctionnement plus importante du poêle à granulé de la maison B. Ces pics de $PM_{2,5}$ sont de courtes durées et ne sont pas systématiques. Par contre, ils peuvent être associés à des concentrations élevées (voir les maxima dans le tableau 15).

Unité : $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Période hors chauffe		Période de chauffe	
	Maison B - $PM_{2,5}$	Maison E - $PM_{2,5}$	Maison B - $PM_{2,5}$	Maison E - $PM_{2,5}$
Moyenne	4,6	11,1	2,0	13,0
Maximum horaire	158 le 08/10/11	100 le 01/09/11	18,7 le 19/12/11	164 le 04/12/11

Tableau 15 : Synthèse des mesures en $PM_{2,5}$ dans les maisons B et E.

La valeur-guide de l'OMS pour l'exposition sur le long terme ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est respectée pour la maison B. Pour la maison E, les concentrations moyennes se situent légèrement au-dessus. Une augmentation du renouvellement d'air au sein de cette habitation pourrait avoir comme effet bénéfique de diminuer les concentrations en $PM_{2,5}$.

3.5. Les paramètres de confinement

Le confinement d'un logement peut être décrit par une analyse en continu du dioxyde de carbone (CO_2). C'est ce qui a été réalisé dans la maison E. Une sonde pour mesurer la température, l'humidité relative et la concentration en CO_2 a été placée dans la pièce principale sur toute l'année. Rappelons qu'il n'existe pas de réglementation pour ce composé mais le CSTB donne 2 valeurs seuils pour qualifier l'ambiance d'une pièce : 1000 ppm pour une ambiance légèrement confinée et 1700 ppm

pour une ambiance confinée (avec nécessité d'ouvrir les fenêtres pour renouveler l'air). Les résultats de mesures comparés aux seuils sont présentés dans la figure 22.

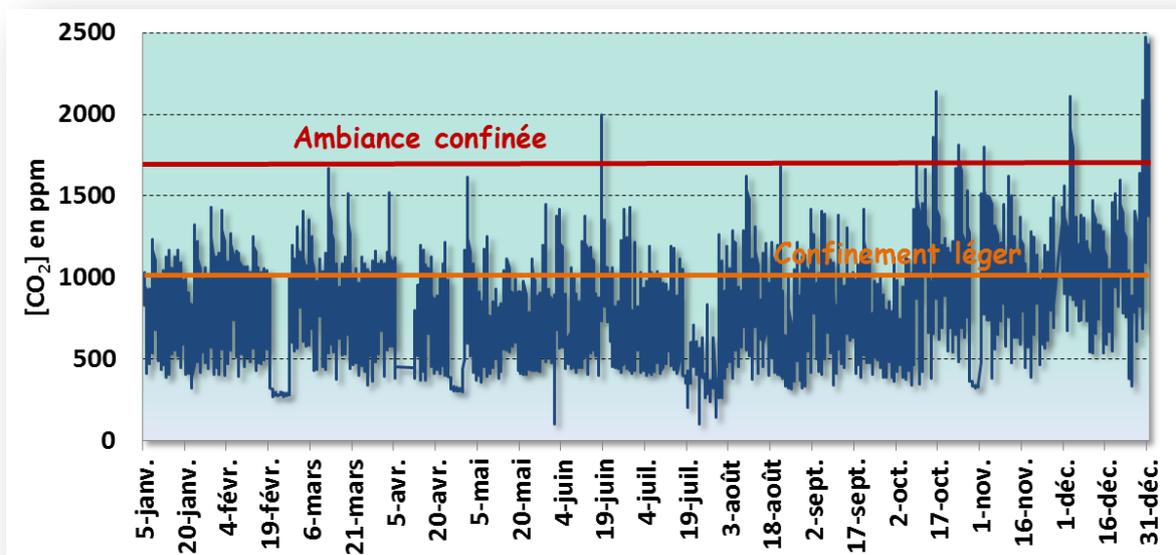


Figure 22 : Concentrations en CO₂ sur l'année dans la maison E

De manière générale la concentration en CO₂ est en deçà des valeurs de confinement fixées hormis des pointes ponctuelles correspondant généralement à des week-ends comme le samedi 18 juin 2011 en soirée et celui des fêtes de fin d'année (31 décembre 2011).

La figure 22 montre en outre que le niveau moyen en dioxyde de carbone est relativement constant de janvier à septembre. A partir du mois d'octobre, on observe une légère augmentation du niveau de fond en CO₂ (figure 22). Cette augmentation indique clairement la présence d'une dégradation du renouvellement d'air. Quelles que soient les causes de cette baisse de renouvellement d'air (défaillance de la VMC, absence d'aération manuelle, ...), ses conséquences peuvent être une accumulation des polluants à l'intérieur de l'habitation et une augmentation voire une stagnation de leur concentration. Ce comportement a été observé sur les profils des polluants dans cette maison, comme illustré par celui du dioxyde d'azote, figure 9.

Sur la figure 23, sont représentées les variations de température et d'humidité relative. Cette dernière varie globalement entre 48 et 64%. L'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) préconise un taux d'humidité compris entre 40 et 60% associé à des températures variant de 18 à 22°C, afin de limiter la prolifération de moisissures et des acariens. Une humidité trop importante dans un bâtiment favorisera une prolifération microbienne. Une humidité trop basse pourra entraîner le dessèchement et l'irritation des yeux et des voies respiratoires.

En moyenne, la température au sein de l'habitation E a peu varié. Elle a été minimale en janvier 2011 (16°C) et maximale en août 2011 (26°C). D'avril à octobre 2011, la maison BBC a permis de maintenir des températures intérieures inférieures aux températures maximales extérieures. Ceci met en avant un des points forts des maisons basse consommation, qui est leur isolation thermique.

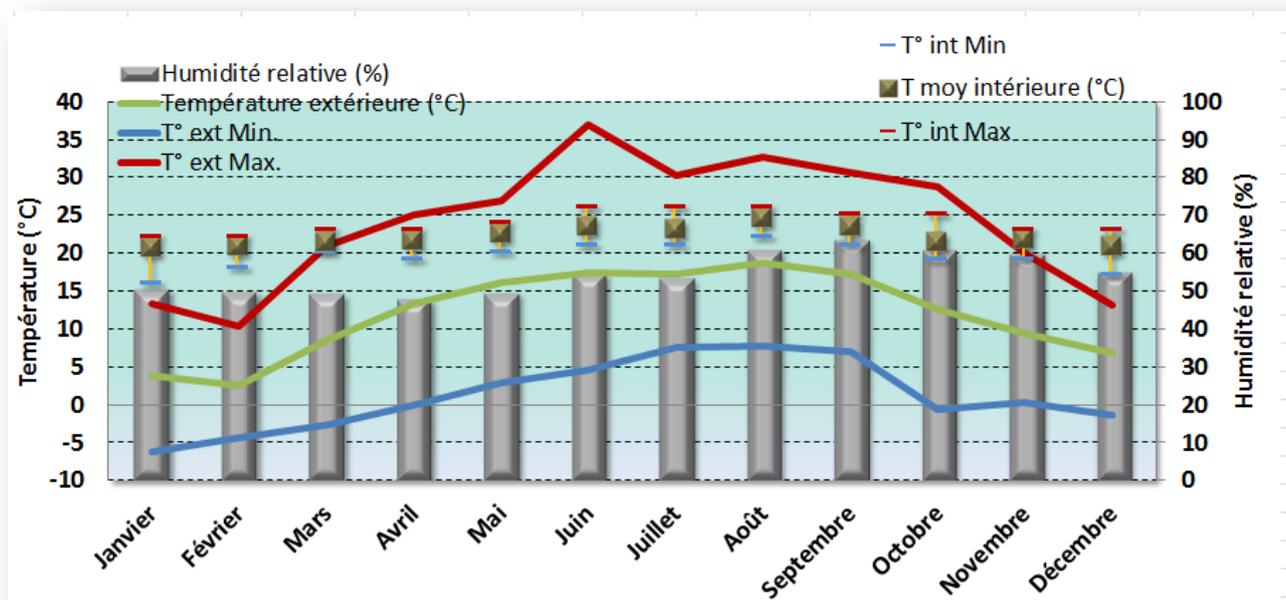


Figure 23 : Humidité relative, températures moyennes, minimales et maximales dans la maison E et températures moyennes, minimales et maximales à Orléans en 2011

3.6. Les acariens

Les prélèvements d'allergènes d'acariens se sont déroulés sur 2 périodes pour l'ensemble des 6 maisons. La première période a été effectuée au printemps (mars-avril), la seconde en hiver (décembre-janvier). Pour chacune d'entre elles, les 2 principaux allergènes d'acariens ont été recherchés :

- *Dermatophagoïdes ptéronyssinus* (Der p1)
- *Dermatophagoïdes farinae* (Der f1).

Les prélèvements ont été réalisés sur le même matelas pour ces deux périodes sauf pour la maison F. En effet, la famille F a changé de matelas entre la première et la deuxième série de prélèvements au profit d'un matelas en fibre de bambou (anti-acarien naturel).

Rappelons que pour les acariens, il n'existe pas de seuil réglementaire, le seuil de sensibilisation est fixé à 2 µg d'allergènes par gramme de poussière et le seuil d'apparition des symptômes à 10 µg d'allergènes par gramme de poussière pour les personnes sensibles à ces allergènes.

Les résultats obtenus pour chacune des maisons et par allergène, sont présentées dans les figures 24 et 25 ci-après.

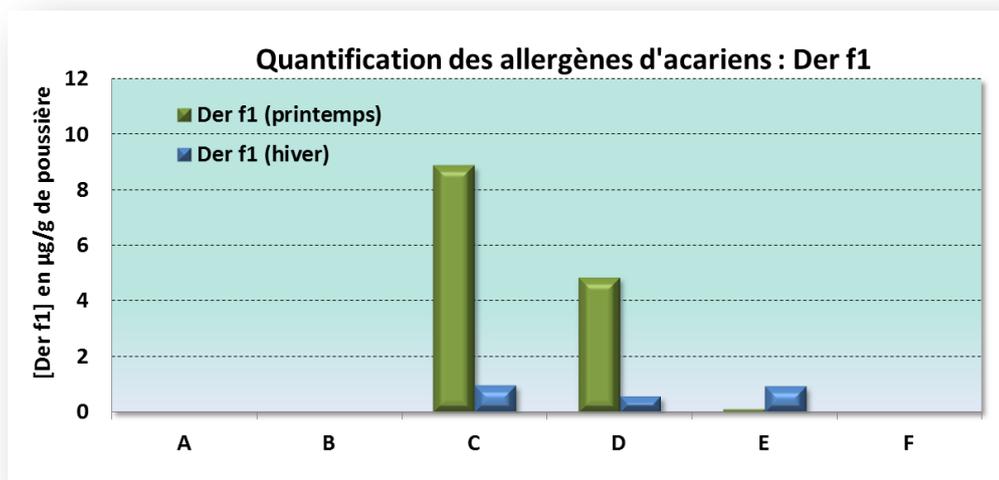


Figure 24 : Quantification des allergènes d'acariens Der f1 pour chacune des maisons

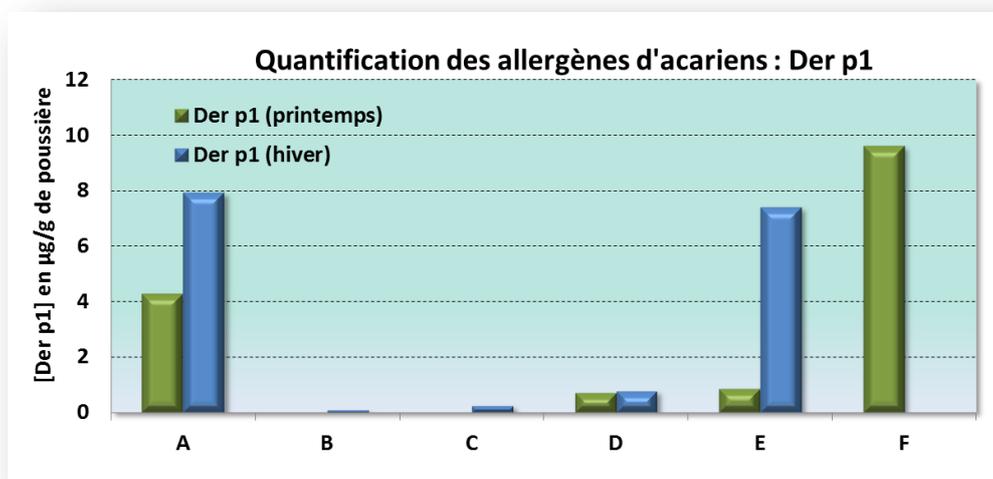


Figure 25 : Quantification des allergènes d'acariens Der p1 pour chacune des maisons

L'allergène le plus observé est le Der p1. Il a été quantifié sur chaque matelas au moins une fois et parfois en très faible quantité. L'allergène Der f1 n'a été observé que dans 3 maisons sur les 6 étudiées. Pour deux d'entre elles, les concentrations obtenues en hiver sont beaucoup moins importantes que celles relevées au printemps. L'allergène Der p1 présente un comportement opposé avec des concentrations globalement plus importantes dans les prélèvements réalisés en hiver.

Les concentrations mesurées dans les maisons B et F (avec le nouveau matelas pour cette dernière) sont inférieures ou très proches de la limite de quantification quel que soit l'allergène.

Aucun prélèvement n'a atteint le seuil d'apparition des symptômes (10 µg/g de poussière). Par contre, le seuil de sensibilisation (2 µg/g de poussière) a été dépassé dans les maisons A, C, D, E et F (avec l'ancien matelas). Toutefois, pour près de 80% de la population, l'exposition aux allergènes d'acariens ne pose aucun problème.

Le tableau 16 donne l'âge approximatif de chaque matelas étudié. L'âge du matelas est incontestablement lié à la quantité d'allergène retrouvé : plus il est récent et plus les concentrations sont faibles. Les matelas les plus récents, c'est-à-dire, ceux des maisons B et F (pour le second prélèvement) sont ceux où les allergènes d'acariens étaient très peu observés.

Famille	A	B	C	D	E	F
Age du Matelas	< 5 ans	< 6 mois	< 5 ans	> 10 ans	5 ans	> 10 ans/ Neuf

Tableau 16 : Age des matelas des 6 familles

Pour situer les 6 maisons de cette étude, les résultats sont comparés dans le tableau 17, avec ceux obtenus dans le programme Habit'Air. On remarque que les résultats obtenus sur les matelas des maisons Home'Air sont très sensiblement inférieurs à ceux des logements étudiés dans l'étude Habit'Air.

(µg/g)	Logements Home'Air		Logements Habit'Air	
	Der f1	Der p1	Der f1	Der p1
Minimum	0,13	0,09	< LQ	0,04
Médiane	0,935	0,85	2,38	5,1
Maximum	8,87	9,6	144,04	91,64

Tableau 17 : Comparaison des résultats d'allergènes d'acariens des logements Home'Air/Habit'Air

Enfin, il est rappelé quelques règles de bonnes pratiques pour limiter la présence d'acariens dans les habitations :

- Réduire l'humidité (entre 45 et 60%) par l'aération et l'assèchement de l'air.
- Conserver une température moyenne de 18 à 20°C maximum.
- Eviter l'accumulation de la poussière dans laquelle se nichent les acariens.
- Aspirer et shampouiner régulièrement vos moquettes et tapis.
- Favoriser l'emploi d'un aspirateur équipé d'un filtre HEPA : les acariens morts et les déjections sont tellement fins qu'ils s'échappent des sacs d'aspirateurs classiques.
- Nettoyer régulièrement la literie, laver les draps, les couettes et les oreillers fréquemment.

4. Bilan

Le figure 26 ci-dessous regroupe la situation de chaque habitation étudiée en 2011 par rapport aux valeurs guides pour le formaldéhyde, le benzène, les particules en suspension lorsqu'elles ont été mesurées et le dioxyde d'azote. Pour ce dernier, la comparaison se fait avec la valeur limite en air extérieur.

	Maison A		Maison B		Maison C		Maison D		Maison E		Maison F	
Formaldéhyde	2015	2023	2015	2023	2015	2023	2015	2023	2015	2023	2015	2023
Benzène	2013	2016	2013	2016	2013	2016	2013	2016	2013	2016	2013	2016
PM2.5			sur 24H	long terme					sur 24H	long terme		
Dioxyde d'azote	valeur limite											

Légende		Formaldéhyde		Benzène		PM _{2,5}		Dioxyde d'azote
	Valeur respectée	valeur-guide		valeur-guide		valeur-guide		valeur limite
	Valeur dépassée	pour 2015	pour 2023	pour 2013	pour 2016	sur 24H	long terme	moyenne annuelle
	Pas de mesure	30 µg/m ³	10 µg/m ³	5 µg/m ³	2 µg/m ³	25 µg/m ³	10 µg/m ³	40 µg/m ³
		Decret n°2011-1727 du 2 décembre 2011		Decret n°2011-1727 du 2 décembre 2011		Recommandation de l'OMS		Directive 2008/50/CE pour l'air extérieur

Figure 26 : Situation vis-à-vis de la réglementation

Aucun dépassement des valeurs d'action rapide pour le benzène (10 µg/m³) et le formaldéhyde (100 µg/m³) n'a été observé sur les maisons étudiées.

De plus, pour le formaldéhyde, la valeur-guide à atteindre pour 2015 dans les ERP (décret n°2011-1727) a été respectée par plus de 80% des habitations échantillonnées. Dans une seule maison la concentration moyenne est légèrement supérieure au seuil de 30 µg/m³ (31,3 µg/m³).

Pour le benzène, aucun dépassement de la valeur-guide pour une exposition long terme à respecter dès 2015 dans les ERP n'a été constaté. Suivant le décret n°2011-1727, cette valeur-guide sera abaissée à 2 µg/m³ en 2023. Dans le cadre de l'étude Home'Air, 1 maison sur les 6 étudiées se situe juste au-dessus de cette limite (Maison A : 2,25 µg/m³).

Le dioxyde d'azote ne possède pas de valeur guide en air intérieur. La comparaison de ses concentrations annuelles par rapport à sa valeur limite en air extérieur, montre que cette dernière a été respectée. Les études précédentes ont montré l'importance de l'environnement extérieur pour ce polluant. Les concentrations les plus élevées en dioxyde d'azote dans cette étude ont été observées dans une maison située à proximité de deux autoroutes et d'un transporteur routier. Pour autant les concentrations individuelles en NO₂ mesurées sur l'ensemble des habitations sont restées en-dessous du seuil de 40 µg/m³.

Les particules en suspension de diamètre inférieur à 2,5 µm ont été mesurées uniquement dans les maisons B et E. Elles ont dépassé la valeur-guide à court terme dans la maison E pour une journée. La valeur-guide d'exposition sur le long terme a été respectée uniquement dans la maison B.



Conclusion

La campagne Home'Air a permis d'estimer la qualité de l'air à l'intérieur de 6 habitations classées BBC en région Centre tout au long de l'année 2011.

Plusieurs polluants ont été surveillés : le dioxyde d'azote, 8 aldéhydes, 19 COV, les PM_{2,5} et les acariens. Les paramètres de confort ont été suivis tout au long de l'année dans une habitation.

Les mesures en dioxyde d'azote ont été comparées à titre indicatif à la valeur limite en air extérieur. L'ensemble des habitations a obtenu des moyennes inférieures à cette valeur limite pour l'année 2011. Tout comme cela avait été observé au cours de précédentes études, l'environnement extérieur et la présence d'activités émettrices à proximité immédiate sont liés aux concentrations mesurées en air intérieur pour ce polluant.

La comparaison des moyennes obtenues avec les valeur-guides pour le formaldéhyde a permis de conclure que les niveaux rencontrés dans les 6 maisons sont conformes à l'objectif de 2015 hormis pour une habitation qui se situe juste au-dessus de cette valeur. Pour 2023, cette valeur-guide est divisée par 3. Actuellement, seule la maison B respecte déjà cette valeur. Parmi les autres aldéhydes mesurés, l'hexanal est le composé majoritaire dans l'ensemble des maisons. Ce composé n'est pas soumis à une réglementation. Les maisons E et F sont les deux maisons qui renferment le plus d'aldéhydes en terme de concentration annuelle.

Les sources permanentes des aldéhydes sont liées au bâtiment et à ses matériaux de construction. Or, les maisons étudiées dans le projet Home'Air sont très récentes. La désorption passive des matériaux de construction et le maintien d'une ventilation en bon fonctionnement devraient permettre de diminuer encore les concentrations de ces composés surtout si l'apport de sources ponctuelles est limité en choisissant d'utiliser des produits peu émissifs.

Concernant les composés organiques volatils, les moyennes en benzène ont toutes été inférieures à la valeur-guide applicable en 2013. Cette valeur qui passe de 5 µg/m³ à 2 µg/m³ en 2016 serait dépassée dans une habitation. Contrairement à ce qui a pu être constaté dans les études précédentes, la différence entre les comportements du benzène dans les maisons de l'étude Home'air et l'air extérieur suggèrent que les concentrations intérieures ne sont pas gouvernées par des sources extérieures. Les sources du benzène en air intérieur sont nombreuses et surtout elles peuvent être présentes dans les produits courants (tabac, encens, ...). Avec un changement de comportement des occupants et/ou du choix des produits utilisés, la valeur-guide applicable en 2016, devrait être respectée dans l'ensemble des habitations étudiées.

Pour les autres COV, une prédominance très nette a été observée pour la famille des monoterpènes (limonène et α-pinène) en particulier l'α-pinène dont les concentrations les plus élevées sont observées dans les maisons à ossature bois à savoir les maisons B, D et F. Les valeurs limites d'exposition proposées par le groupe de travail INDEX de la commission européenne, 450 µg/m³ en α-pinène et 450 µg/m³ en limonène, ont largement été respectées dans l'ensemble des maisons.

Les propositions de valeur-guide de l'ANSES pour le naphthalène, le tétrachloroéthylène et le trichloréthylène ont été respectées dans les 6 habitations du programme Home'Air. Pour ce dernier composé, il a été observé des concentrations plus importantes notamment lors des premiers



prélèvements. En l'état actuel des connaissances, l'hypothèse de l'utilisation d'un produit ménager contenant du trichloréthylène reste privilégiée.

Les particules en suspension $PM_{2,5}$ ont été mesurées dans deux habitations et pendant deux périodes distinctes. La valeur guide fixée par l'OMS ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 24 heures) n'a été dépassée qu'une seule fois dans l'une des deux habitations. Celle sur le long-terme a également été dépassée pour cette maison. Même si l'influence de l'air extérieur a été observée sur les concentrations, ces dernières sont aussi conditionnées par des sources internes telles que la préparation des repas et plus généralement toute combustion.

Des mesures de dioxyde de carbone ont été réalisées dans la maison E tout au long de l'année. Les concentrations sont globalement inférieures aux niveaux indiquant une atmosphère confinée. Toutefois, il a été constaté une augmentation des niveaux à partir de septembre pouvant laisser présager un problème sur la VMC. Cette hypothèse est renforcée par les concentrations des différents polluants dans cette habitation qui ont tendance à augmenter à partir de l'automne. Une vérification du système de ventilation est fortement préconisée. La température et l'humidité ont également été suivies sur toute l'année 2011. En moyenne, ces paramètres varient peu. L'isolation importante de ce type de maison lui permet de bénéficier d'une bonne inertie thermique.

Enfin des mesures d'allergènes d'acariens ont complété cette étude avec un prélèvement au printemps et le second en hiver sur la literie des propriétaires. Les résultats varient d'un matelas à l'autre avec pour constatation que plus le matelas est neuf, moins il contient d'acariens.

Lors de cette étude, chaque période de prélèvement passif était accompagnée d'un questionnaire d'activités regroupant les informations sur les activités des occupants lors de la prise de mesure. L'analyse de ces questionnaires, ainsi que la recherche de corrélations entre les concentrations en polluants obtenues et les activités au sein des habitations feront l'objet d'un second rapport complémentaire en vue de faire ressortir les comportements à adopter ou à proscrire afin de maintenir une bonne qualité de l'air dans les maisons BBC.

Annexe 1 : les polluants

Les aldéhydes :

Polluants en air intérieur	Odeur : qualité, seuil de détection	Sources en air intérieur	Sources en air extérieur	Impact sur la santé
formaldéhyde	Piquante, âcre et suffocante à température ordinaire. DéTECTABLE dès 1,09 mg/m ³	Panneaux de particules, de fibre, de bois brut, livres et magazines neufs, produits de combustion (tabac, bougies,...), produits d'usage courant (cosmétiques, produits d'entretien,...).	Trafic routier, centrales thermiques, incinérateur, écobuage. Le formaldéhyde en air extérieur est également un polluant secondaire, résultant de réactions chimiques entre des composés organiques insaturés et l'ozone.	Problèmes respiratoire aigus, agent cancérigène (classé 1 par le CIRC). Allergisant
acétaldéhyde	Fruitée (pomme), agréable - Devient piquante et suffocante à forte concentration - DéTECTABLE, selon les sources, à des teneurs de l'ordre de 0,05 ppm à 342 µg/m ³	Fumée de tabac, panneaux de bois brut et de particules, isolants, photocopieurs, photochimie atmosphérique.		Irritation des yeux et des voies respiratoires, cancérigène possible (classé 2B par le CIRC)
benzaldéhyde	Amande amère - seuil olfactif : 0,05 ppm	les parquets traités, panneaux de particules, peintures, photocopieurs.		Irritation des yeux et des voies respiratoires
butanal	DéTECTABLE dès 26,8 µg/m ³	photocopieurs, imprimante à tambours		Irritation des voies respiratoires et des muqueuses
hexanal	DéTECTABLE dès 57,7 µg/m ³	panneaux de particules et de bois brut, produits de traitement du bois, livres et magazines neufs, peinture à phase solvant		Irritation des yeux et des voies respiratoires
isopentanal		parquets traités, panneaux de particules		Irritation des voies respiratoires et des muqueuses
pentanal	DéTECTABLE dès 2,16 µg/m ³	les livres et magazines neufs, panneaux de particules, peinture à phase solvant.		Maux de tête, vertiges, nausées, vomissements, narcose
propanal	DéTECTABLE dès 65,2 µg/m ³	Fumée de tabac		Irritation des voies respiratoires

Polluants en air intérieur	Valeurs Réglementaire Décret n°2011-1727	OMS	Valeurs limites d'exposition professionnelle (INRS)
formaldéhyde	Valeur-guide pour 2015 : 30 µg/m ³ Valeur-guide pour 2023 : 10 µg/m ³	100 µg/m ³ sur 30 minutes	0,62 µg/m ³ - 8h/jour - 40h/semaine
acétaldéhyde		2 000 µg/m ³ sur 24 heures (concentration tolérable) 50 µg/m ³ sur une année (concentration tolérable)	180 µg/m ³ - 8h/jour - 40h/semaine

Les composés organiques volatils (1/2) :

<i>Polluants en air intérieur</i>	<i>Odeur : qualité, seuil de détection</i>	<i>Sources en air intérieur</i>	<i>Sources en air extérieur</i>	<i>Impact sur la santé</i>
benzène	Aromatique - perceptible à des concentrations de l'ordre d'une dizaine de mg/m ³	Fumée de cigarette, produits de bricolage, d'ameublement, de construction et de décoration, carburants automobiles.	En air extérieur, les transports sont une source importante de COV ainsi que les sites industriels, en particulier les sites utilisateurs de solvants.	Neurologiques et immunologiques, leucémie, cancérigène chez l'homme (classé 1 par le CIRC)
éthylbenzène	Aromatique - Seuil de détection variable selon les sources de 1 à 2,3 ppm	Cires, carburants, peintures, revêtements.		Irritation des yeux, de la peau et des voies respiratoires, cancérigène possible pour l'homme (classé 2B par le CIRC)
toluène	Aromatique - Détectable dès 595 µg/m ³	Peintures, vernis, colles, encres, moquettes, tapis, carburants automobiles.		Irritation des voies respiratoires, maux de tête, atteintes neurologiques
m- + p- xylène	Détectable dès 143 µg/m ³ pour le m-xylène Détectable dès 217 µg/m ³ pour le p-xylène	Peintures, vernis, colles, insecticides.		Atteintes neurologiques
o-xylène	Détectable dès 377 µg/m ³	Peintures, vernis, colles, insecticides.		Atteintes neurologiques
1,2,4-triméthylbenzène		Vernis, solvants pétroliers.		
styrène	Détectable dès 0,15 ppm - Odeur douce et agréable à très faible concentration - Devient désagréable vers 100 ppm	Matières plastiques, matériaux isolants, fumée de cigarette.		Neurologiques, cancérigène possible (classé 2B par le CIRC)
trichloroéthylène	Odeur se rapprochant de celle du chloroforme - Détectable dès 50 à 100 ppm	Peintures, vernis, colles.		Neurologiques, cancérigène probable (classé 2A par le CIRC)
tetrachloroéthylène	Détectable entre 5 et 50 ppm	Nettoyage à sec, moquettes, tapis.		Effets au niveau rénal, hépatique, neurologique et sur la reproduction, cancérigène probable (classé 2A par le CIRC)
1,4-dichlorobenzène	Détectable de 15 à 30 ppm	Anti-mite, désodorisant.		Problèmes de développement et rénaux
n-décane	Détectable dès 440 µg/m ³	White-spirit, colles pour sol, cires, vernis à bois, nettoyeurs sol, moquettes, tapis.		
n-undécane		White-spirit, colles pour sol, cires, vernis à bois, nettoyeurs sol, moquettes, tapis.		
2-butoxyéthanol	Odeur légèrement éthérée - Détectable dès 0,1 ppm	Peintures, vernis, traitement du bois, agent de nettoyage.		Irritation des yeux et des voies respiratoires, altération hématologique
1-méthoxy-2-propanol	Odeur légèrement éthérée - Détectable dès 10 ppm	Laques, peintures, vernis, savons, cosmétiques.		Irritation des voies respiratoires, maux de tête, atteintes neurologiques
2-butoxy-éthyl acétate	Odeur agréable, légèrement éthérée	Peintures, vernis, laques, traitement du bois, cosmétiques		Irritation de la peau et des muqueuses, troubles neurologiques et métaboliques
1-méthoxy-2-propyl acétate		Peintures, vernis, laques, traitement du bois, cosmétiques		Irritation des yeux et des voies respiratoires
naphthalène	Détectable dès 0,04 ppm	fumée de cigarette, processus de combustion, plastifiants, résines, teintures, papiers d'emballage, répulsifs pour insectes (mites)		Anémie hémolytique, cancérigène possible pour l'homme (classé 2B par le CIRC)
limonène	Odeur citronnée	Désodorisant, parfum d'intérieur, cires, nettoyeurs pour sol.		
alpha pinène	Odeur résineux	Essence de térébenthine. Désodorisant, parfum d'intérieur, produit d'entretien.		

Polluants en air intérieur	Valeurs Réglementaire Décret n°2011-1727	Propositions de valeurs-guide de l'Afsset et INDEX	OMS	Valeurs limites d'exposition professionnelle (INRS)
benzène	Valeur-guide pour 2013 : 5 µg/m ³ Valeur-guide pour 2016 : 2 µg/m ³		17 µg/m ³ (risque unitaire de 10 ⁻⁴) 1,7 µg/m ³ (risque unitaire de 10 ⁻⁵) 0,17 µg/m ³ (risque unitaire de 10 ⁻⁶)	3,25 mg/m ³ sur 8 heures
éthylbenzène			22 000 µg/m ³ sur un an	442 mg/m ³ sur 8 heures
toluène			260 µg/m ³ sur une semaine 1 000 µg/m ³ sur 30 minutes	192 mg/m ³ sur 8 heures
m- + p- xylène			870 µg/m ³ sur une année	435 mg/m ³ sur 8 heures
o-xylène			870 µg/m ³ sur une année	435 mg/m ³ sur 8 heures
1,2,4-triméthylbenzène				
styrène			260 µg/m ³ sur une semaine	215 mg/m ³ sur 8 heures
trichloroéthylène		20 µg/m ³ sur le long terme	230 µg/m ³ (risque unitaire de 10 ⁻⁴) 23 µg/m ³ (risque unitaire de 10 ⁻⁵) 2,3 µg/m ³ (risque unitaire de 10 ⁻⁶)	405 mg/m ³ sur 8 heures
tetrachloroéthylène		250 µg/m ³ sur le long terme	250 µg/m ³ sur une année	335 mg/m ³ sur 8 heures
1,4-dichlorobenzène				4,5 mg/m ³ sur 8 heures
n-décane				
n-undécane				
2-butoxyéthanol			550 mg/m ³ à court terme	19 mg/m ³
1-méthoxy-2-propanol			568 mg/m ³ à court terme	375 mg/m ³ sur 8 heures
2-butoxy-éthyl acétate			333 mg/m ³ à court terme	
1-méthoxy-2-propyl acétate			550 mg/m ³ à court terme	
naphtalène		10 µg/m ³ sur le long terme		
limonène		450 µg/m ³		
alpha pinène		450 µg/m ³		

Annexe 2

Substances **susceptibles** d'être retrouvées dans l'air intérieur en fonction de la catégorie du produit d'entretien utilisé

Les données présentées dans le tableau suivant sont issues de la bibliographie suivante :

Rapport n° INERIS-DRC-10-109458-04047B- Rapport préliminaire en vue de l'étiquetage des produits de grande consommation

- BEUC, 2005, Emissions of Chemicals by Air Fresheners, Tests on 74 Consumer Products sold in Europe, 54pp.
- DANISH EPA, N°8 - 2002, Contents of selected Fragrance Materials in cleaning Products and other consumer Products, S.C. RASTOGI.
- DANISH EPA, N°30 - 2003, Mapping of chemical Substances in Air Fresheners and other fragrances liberating Products, J. PORS, R. FUHLENDORFF.
- DANISH EPA, N°75 - 2006, Total Health Assessment of chemicals in indoor Climate from various consumer Products, A.A. JENSEN, H.N. KNUDSEN.
- JIPING Z., CAO X., BEAUCHAMP R., 2001, Determination of 2-Butoxyethanol Emissions from selected consumer Products and its Application in Assessment of Inhalation Exposure associated with cleaning Tasks, Environment International, vol. 26, 2001, pp. 589-597.
- KWON K., JO W., LIM H., JEONG W., 2008, Volatile Pollutants emitted from selected liquid household Products, Environ Sci Pollut Res, vol. 15, 2008, pp. 521-526.
- NAZAROFF W. W., WESCHLER C.J., 2004, Cleaning Products and Air Fresheners : Exposure to primary and secondary Air Pollutants, Atmospheric Environment, vol.38, 18, pp.2841-2865,
- NAZAROFF W., 2005, Secondary Pollutants from cleaning Products and Air Fresheners in the Presence of Ozone, 7pp.
- NAZAROFF W., 2006, Indoor Air Chemistry: Cleaning Agent, Ozone and Toxic Air Contaminants, Final Report: Contract No. 01-336, 183pp.
- NAZAROFF W. W., COLEMAN B.K., LUNDEN M.M., DESTAILLATS H., 2008, Secondary organic Aerosol from ozone-initiated reactions with terpene-rich household Products, Atmospheric Environment, vol. 42, pp. 8234-8245.
- ODABASI M., 2007, Halogenated Volatile Organic Compounds from the Use of Chlorine-Bleach-Containing Household Products, Environ. Sci. Technol., vol. 42, 2008, pp. 1445-1451.
- STEINEMANN A.C., 2007, Fragrance consumer Products and undisclosed Ingredients, Environmental Impact Assessment Review, vol.29, 2009, pp. 32-38.
- WOLKOFF P., SCHNEIDER T., KILDESJO J., DEGERTH R., JAROSZEWSKI M., SCHUNK H., 1998, Risk in Cleaning : chemical and physical Exposure, The Science of the Total Environment, 1998, Vol.215, pp. 135-156

Désodorisants

Diffuseur électrique	<p>1-butanol; 1-butanol; 1-methyl-3-(1-methylethyl)-cyclohexene; 1-propanol; 2-methyl acetate; 2-methyl-3-(4-tertbutylbenzyl)propionaldehyde; 3,7-dimethyl-3-octanol; 3-hexen-1-ol; 3-methyl acetate; 3-methyl-4-(2,6,6-triméthyl-2-cyclohexene-1-yl)-3-buten-2-one; acetaldehyde; acetone; amyl cinnamal; benzaldehyde; benzene; benzyl acetate; benzyl alcohol; benzyl benzoate; benzyl salicylate; bornyl acetate; camphene; carene isomer; cinnamaldéhyde (3-phénylpropénal); citronellol (3,7-diméthyl-6-ène-1-ol); d-limonène; decane; diethylene glycol monoethyl ether (2-(2-ethoxyethoxy)ethanol); dihydromyrcenol; dimethyl ethyl cyclohexene; ethanol; Ethyl acetate; Ethyl butanoate; ethylbenzene; Eugénol (4-allyl-2-méthoxyphénol); formaldéhyde; géranol (3,7-diméthyl-2,6-diène-1-ol); hexane; hexyl cinnamaldehyde; hydroxymethylpentylcyclohexenecarbaldehyde; isopropanol; lilial (p-Tert-Butyl-7-Méthylhydrocinnamal); linalol (3,7-Diméthyl-1,6-octadiène-3-ol); linalyl acetate; l-limonène; methyl butanoate; phenol; styrène; tetrachloroethylene; toluène; xylènes; α-citral; α-phellandrene; β-citronellol; β-myrcene; β-phellandrene; β-pinene</p>
spray aérosol	<p>1-propanol; 2-methyl-3-(4-tertbutylbenzyl)propionaldehyde; 3-Methyl-4-(2,6,6-triméthyl-2-cyclohexen-1-yl)-3-buten-2-one; acetone; benzene; Benzyl benzoate; benzylbenzoate; Cinnamal; cinnamaldehyde; citral; Citronellol; coumarin; d-limonène; decane; diethylene glycol monoethyl ether (2-(2-ethoxyethoxy)ethanol); ethanol; ethylbenzene; Eugenol; formaldéhyde; geraniol; hexane; Hexyl cinnamaldehyde; Hydroxycitronellal; Hydroxymethylpentylcyclohexenecarboxaldehyde; Isoeugenol; lilial; linalol (3,7-Diméthyl-1,6-octadiène-3-ol); l-limonène; phenol; tetrachloroethylene; toluène; xylènes</p>
gel/liquide	<p>1-propanol; 2-methyl-3-(4-tertbutylbenzyl)propionaldehyde; 3,7-dimethyl-3-octanol; acetone; benzene; benzyl acetate; benzyl alcohol; bornyl acetate; cinnamal; cinnamaldehyde; cinnamyl alcohol; citronellol; coumarin (1-benzopyrane-2-one); d-limonene; decane; diethylene glycol monoethyl ether (2-(2-ethoxyethoxy)ethanol); dihydromyrcenol; ethanol; ethylbenzene; eugenol; formaldéhyde; hexane; lilial; linalol; linalyl acetate; l-limonene; phenol; styrene; tetrachloroethylene; toluene; xylenes; α-citral; β-citronellol; β-myrcene; β-pinene</p>

Nettoyants multi-usages

spray	1,1,1-trichloroethane; 1,4-dioxane; 1-propanol; 2-butoxy ethanol ; acetaldehyde ; acetone; benzene ; benzyl alcohol; benzyl benzoate; benzyl salicylate; camphene; carbon tetrachloride; chlorobenzene; chloroform; coumarin; decane ; dichloromethane; ethanol; ethylbenzene ; hexane; linalol; linal; limonene ; phenol; tetrachloroéthylène (PCE) ; toluene ; trichloroethylene ; xylenes ; β -myrcene; β -pinene
-------	--

liquide	1,1,1-Trichloroethane; 1,4-dioxane; 1-propanol; 1-terpineol; 2-butoxy ethanol ; 4-terpineol; acetaldehyde ; acetone; benzene ; benzyl alcohol; benzyl benzoate; camphene; camphene; Carbon tetrachloride; chlorobenzene; chloroform; coumarin; decane ; Dichloromethane; ethanol; ethylbenzene ; eucalyptol; hexane; limonene ; linalol; linal; n-Hexane; p-cymene; phenol; terpinolene; tetrachloroéthylène (PCE) ; toluene ; Trichloroethylene ; xylenes ; α -phellandrene; α-pinene ; α -terpinene; α -terpineol; β -myrcene; β -pinene; β -pinene; β -terpineol; γ -terpinene; γ -terpineol
---------	---

lingette	1,1,1-Trichloroethane; 1,4-dioxane; 1-propanol; 2-butoxy ethanol ; Acetaldehyde; acetone; benzene ; benzyl alcohol; benzyl benzoate; camphene; Carbon tetrachloride; chlorobenzene; chloroform; coumarin; decane ; Dichloromethane; ethanol; ethylbenzene ; hexane; limonene ; linalol; linal; n-Hexane; phenol; tetrachloroéthylène (PCE) ; toluene ; Trichloroethylene ; xylenes ; β -myrcene; β -pinene
----------	---

Nettoyants vitres

liquide	1,4-dioxane; 1-propanol; 2-butoxy ethanol ; 2-hexyloxyethanol; 3-carène; acetone; benzene ; camphene; chlorobenzene; chloroform; decane ; ethanol; ethylbenzene ; hexane; limonene ; phenol; tetrachloroéthylène (PCE) ; toluene ; xylenes ; α -phallandrene; α-pinene ; β -myrcene; β -pinene
---------	--

Nettoyants sols et meubles

liquide	1,4-dioxane; 1-propanol; 2-butoxy ethanol ; acetone; amyl cinnamal; benzene ; benzyl alcohol; benzyl benzoate; chlorobenzene; chloroform; coumarin; decane ; diethylene glycol monobutyl ether (2-(2-butoxyethoxy)ethanol); ethanol; ethylbenzene ; formaldehyde ; geraniol; hexane; isoeugenol; lilial; limonene ; linalol; phenol; styrene ; tetrachloroéthylène (PCE) ; toluene ; xylenes ; γ -methylionone
---------	---

cire	1,4-dioxane; 1-propanol; 2-butanone; 2-butoxy ethanol ; acetaldehyde ; acetone; acetophenone; amyl cinnamal; benzene ; benzyl alcohol; benzyl benzoate; carbon tetrachloride; chlorobenzene; chloroform; coumarin; decane ; dichloromethane; diethylene glycol monobutyl ether (2-(2-butoxyethoxy)ethanol); ethanol; ethylbenzene ; geraniol; hexane; isoeugenol; lilial; limonene ; linalol; methyl chloroform; n-hexane; phenol; propylene dichloride; styrene ; tetrachloroéthylène (PCE) ; toluene ; trichloroethylene ; xylenes ; γ -methylionone
------	--

spray	1,4-dioxane; 1-propanol; 2-butoxy ethanol ; acetone; amyl cinnamal; benzene ; benzyl benzoate; chlorobenzene; chloroform; decane ; ethanol; ethylbenzene ; formaldehyde ; hexane; isoeugenol; lilial; limonene ; linalol; phenol; tetrachloroéthylène (PCE) ; toluene ; xylenes ; γ -methylionone
-------	---

Nettoyants pour toilettes et salles de bain

spray	1,4-dioxane; 1-propanol; 2-butoxy ethanol ; acetone; benzene ; chlorobenzene; chloroform; citronellol; decane ; ethanol; ethylbenzene ; hexane; limonene ; phenol; tetrachloroéthylène (PCE) ; toluene ; xylenes
-------	--

liquide	1,4-dioxane; 1-propanol; 2-butoxy ethanol ; acetone; benzene ; chlorobenzene; chloroform; citronellol; decane ; ethanol; ethylbenzene ; hexane; limonene ; phenol; tetrachloroéthylène (PCE) ; toluene ; xylenes
---------	--

Linge

poudre	coumarin; lilial; linalol; γ -methylionone;
--------	--

liquide	1,5-dimethyl-1,4-cyclohexadiene; 1-methyltricyclo[2.2.1.0(2,6)]-heptane; 2,4-dimethyl-1,3-cyclopentanedione; 2-methoxy propane; 3,4-dimethyl-3-hexen-2-one; 3-methyl-2-buten-1-ol acetate; Acetaldehyde ; benzyl acetate; benzyl alcohol; chloromethane; citronellol; Diethoxy methane; d-limonène ; ethanol; eugenol; hexyl cinnamaldehyde; isocineole; lilial; linalol; lyral; methoxy ethane; α-pinene ; α -terpinene; α -terpinolene; β -pinene; γ -methylionone; γ -terpinene
---------	---

Produits vaisselle

liquide	Amyl Cinnamal; Benzyl alcohol; Cinnamyl alcohol; Citral (3,7-diméthyl-2,6-octadiène); Citronellol(3,7-Dimethyloct-6-en-1-ol); dl-Limonene ; Eugenol (4-allyl-2-méthoxyphénol); Geraniol (-3,7-dimethylocta-2,6-diène-1-ol); Hexyl cinnamaldehyde; Lilial (3-(4-tert-Butylphenyl)-2-methylpropanal); Linalol (3,7-dimethylocta-1,6-dien-3-ol)
---------	---

Annexe 3 : Questionnaire d'activités



Questionnaire d'activités

Nom de la personne qui a rempli le questionnaire :

1) Indiquer les dates et les heures de pose et de retrait des tubes à diffusion passive :

	Pose des tubes	Retrait des tubes
Date		
Heure		

2) Occupants de l'habitation

Nombre occupants :

Nombre d'animaux domestiques et type :

3) Horaires habituels d'occupation de la pièce échantillonnée pour la période de mesures : (Cocher les cases correspondantes)

Matinée Après-midi Soirée Nuitée

4) Durée d'ouverture journalière des ouvrants extérieurs des pièces (fenêtres, portes fenêtre et/ou portes) : (Cocher la réponse/les réponses)

- Lors de la présence d'occupants
 15 à 20 minutes par jour
 Rarement
 Jamais

5) Quels sont les types d'activités (principales ou occasionnelles) dans ces pièces : Inscrivez pour chacune des périodes de mesures si l'activité indiquée est principale (P), occasionnelle (O) ou non pratiquée (NP)

Préparation de cuisine	<input type="checkbox"/> Principale	<input type="checkbox"/> Occasionnelle	<input type="checkbox"/> Non pratiquée
Activités sportives	<input type="checkbox"/> Principale	<input type="checkbox"/> Occasionnelle	<input type="checkbox"/> Non pratiquée
Bricolage/petits travaux (colles, peintures, vernis, sciage)	<input type="checkbox"/> Principale	<input type="checkbox"/> Occasionnelle	<input type="checkbox"/> Non pratiquée
Tabagisme	<input type="checkbox"/> Principale	<input type="checkbox"/> Occasionnelle	<input type="checkbox"/> Non pratiquée
Autres : (ex : encens, bougie d'ambiance...), précisez :	<input type="checkbox"/> Principale	<input type="checkbox"/> Occasionnelle	<input type="checkbox"/> Non pratiquée

6) Activités ménagères :

a. Fréquence d'entretien de la pièce analysée ?

Inscrivez pour la fréquence choisie la technique de nettoyage : aspirateur (A), balai (B), serpillière (S), nettoyeur vapeur (NV), éponge €, chiffon (CH), Cire (C),....

	Les sols	Les murs	Les vitres	Le mobilier
Tous les jours				
2 à 3 fois dans la semaine				
Une fois dans la semaine				
Pas cette semaine				

b. Pendant l'entretien, les fenêtres sont-elles maintenues ouvertes ? Oui Non

Programme Home'Air –Mesures de la qualité de l'air intérieur

7) **Durant la semaine, la ventilation automatique a-t-elle fonctionné ?** Oui Non

8) **Indiquez la fréquence d'utilisation de la cheminée, au cours de cette semaine :**

- Toute la semaine
- Chaque soir
- Moins de 4 jours
- Jamais

9) **Depuis la précédente campagne de mesure, y a-t-il eu un ou des changement(s) dans la pièce échantillonnée (nouveau mobilier, nouvelle peinture,...) ?** Oui Non
Précisez :

.....

10) **Evènements particuliers à l'extérieur : (Choix multiple possible)**

- Chantier routier
- Circulation automobile atypique (déviation qui induit un trafic important, par ex.)
- Incendie, feu
- Rien à signaler

11) **Remarques :**

.....

Contacts au sein de Lig'Air : Corinne Robin et Abderrazak YAHYAOUI – tél : 02-38-78-09-49

Annexe 4

Mesure de COV dans une chambre fraîchement repeinte.

Quelques jours avant l'étude, une chambre de l'une des maisons a été peinte avec une peinture écologique dite moins émissive. Pour le vérifier, un tube de prélèvement a été placé dans cette chambre pour une mesure des COV. Ce prélèvement a été réalisé au mois d'août, sur une période d'une semaine en suivant le même protocole que pour la pièce principale (temps d'exposition, cartouche et analyse identiques). La figure 1 présente une comparaison entre les résultats en COV de la pièce principale et ceux de la chambre échantillonnée.

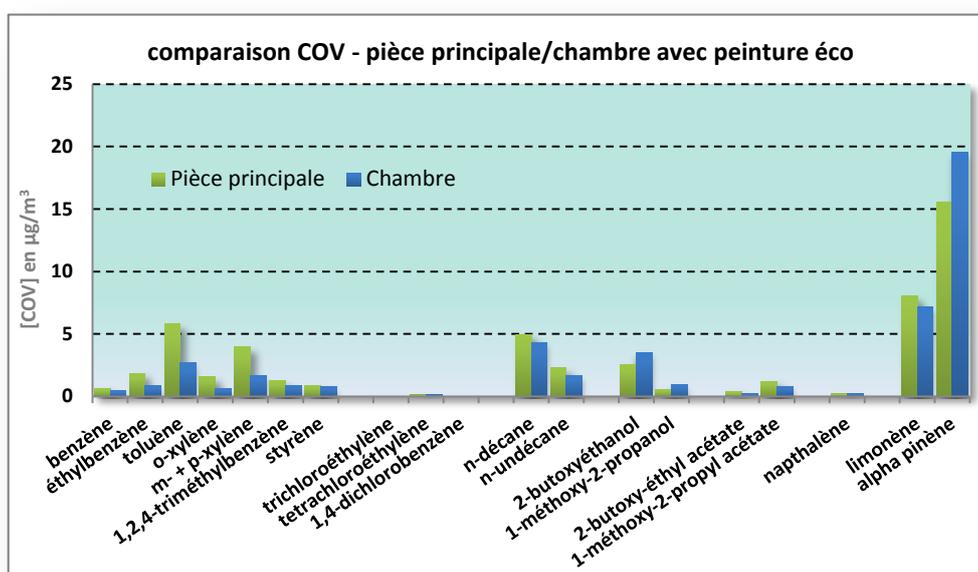


Figure 1 : Concentrations en COV mesurées au mois d'août dans la pièce principale et la chambre d'une des 6 maisons

On y voit que les concentrations dans la chambre sont dans l'ensemble moins élevées que celles mesurées dans la pièce principale, à l'exception de l'alpha-pinène et du 2-butoxyéthanol. Ces concentrations plus faibles indiquent que la peinture utilisée n'est pas émissive en COV. Cependant, lors de l'analyse de l'échantillon de la chambre, le laboratoire a trouvé un certain nombre d'autres composés organiques volatils peu fréquemment rencontrés en air intérieur tels que l'isooctane (carburant), le diisopropylcétone (diluant pour peinture) et le diméthylcyclohexanol (solvant de vernis). Il est difficile de dire si ces composés ont été émis par la peinture, mais ils n'ont pas été retrouvés dans la pièce principale de cette maison.

Index des sigles utilisés :

AASQA : Association Agréée pour la Surveillance de la Qualité de l'Air

AICOLE : Air à l'Intérieur des éCOLEs

Anses : Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail

BBC : Bâtiment Basse Consommation

CDHR 62 : Comité Départemental d'Habitat et d'aménagement Rural, Pas-de-Calais

CIRC : Centre International de Recherche sur le Cancer

COV : Composé Organique Volatil

CO₂ : Dioxyde de carbone

Der f1 : *Dermatophagoïdes farinae*

Der p1 : *Dermatophagoïdes ptérynyssinus*

ERP : Etablissement Recevant du Public

HCSP : Haut Conseil de la Santé Publique

HPLC : High-Performance Liquid Chromatography

LQ : Limite de Quantification

NO₂ : Dioxyde d'azote

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

OQAI : Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur

PM2.5 : Particulate Matter, particules en suspension dans l'air d'un diamètre inférieur à 2,5 µm

ppm : partie(s) par million

VMC : Ventilation Mécanique Contrôlée