



**Caractérisation de la qualité de l'air intérieur
de bâtiments biosourcés
Maison d'habitation en Meurthe-et-Moselle**



CONDITIONS DE DIFFUSION

Diffusion libre pour une réutilisation ultérieure des données dans les conditions ci-dessous :

- Licence ouverte de réutilisation d'informations publiques  LICENCE OUVERTE
OPEN LICENCE
- Sur demande, ATMO Grand Est met à disposition les caractéristiques des techniques de mesures et des méthodes d'exploitation des données mises en œuvre ainsi que les normes d'environnement en vigueur.
- ATMO Grand Est peut rediffuser ce document à d'autres destinataires.
- Rapport non rediffusé en cas de modification ultérieure des données

PERSONNES EN CHARGE DU DOSSIER

Rédaction : JENNESON Bérénice, ingénieur d'études ATMO Grand Est
DUHAU Céline, chargée d'études usage et santé au Cerema Est

Relecture/Appobation : DAVIAU-PELLEGRIN Noëlie, responsable d'activités en usage et santé au Cerema Est
SCHNEIDER Christelle, chargée d'études à ATMO Grand Est

Référence du modèle de rapport : COM-FE-001_1

Référence du rapport : PROJ-EN-137

Référence du projet : 100115

Date de publication : 27/07/2018

SOMMAIRE

1.	DESCRIPTIF Du bâtiment	8
1.1.	SITUATION GEOGRAPHIQUE		8
1.2.	CARACTERISTIQUES DU BATIMENT		8
1.3.	COMPOSITION DES PAROIS.....		9
1.4.	ENTRETIEN QUOTIDIEN		9
1.5.	ACTIVITÉS ET PRATIQUES D’AÉRATION DANS LES PIÈCES		10
2.	CAMPAGNE(S) DE MESURES	10
2.1.	paramètres suivis.....		10
2.2.	TECHNIQUES DE MESURE		12
2.2.1.	Température, humidité relative et ventilation		12
2.2.2.	Le dioxyde de carbone		12
2.2.3.	Température, humidité relative et ventilation		12
2.2.4.	Le pDR-1500.....		13
2.2.5.	Les badges Kodalpha.....		13
2.2.6.	Les moisissures		13
2.3.	STRATÉGIE D’ÉCHANTILLONNAGE.....		13
2.3.1.	Stratégie d’échantillonnage spatiale		13
2.3.2.	Stratégie d’échantillonnage temporelle		14
3.	Stratégie de comparaison.....		14
3.1.	VALEURS DE REFERENCE.....		14
3.1.1.	Les paramètres de confort		14
3.1.2.	Le dioxyde de carbone		14
3.1.3.	Les débits réglementaires		15
3.1.4.	Le benzène et le formaldéhyde		15
3.1.5.	Les autres composés organiques volatils.....		15
3.1.6.	Les PM _{2,5} et le NO ₂		16
3.1.4.	Le radon		17
3.1.5.	Les moisissures		17
3.2.	Données comparatives		17
4.	Résultats.....		18
4.1.	LES PARAMETRES DE CONFORT ET LE RENOUVELLEMENT D’AIR		18
4.1.1.	Les paramètres de confort.....		18
4.1.2.	Le renouvellement d’air		19
4.2.	LES POLLUANTS ISSUS DES MATERIAUX ET DES ACTIVITES.....		20
4.2.1.	Le formaldéhyde.....		20
4.2.2.	Le benzène.....		21

4.2.3 Les autres composés	21
4.3. LES POLLUANTS INDICATEURS DES SYSTEMES DE CHAUFFAGE ET DE LA COMBUSTION	22
4.3.1 Les PM2,5	22
4.3.2 Le dioxyde d'azote	23
4.4. Le radon et les moisissures	24

ANNEXES :

QUESTIONNAIRES D'ACTIVITES	26
SOURCES D'EMISSIONS DE QUELQUES POLLUANTS A L'ETUDE	26
ESPECES DE MOISSURES IDENTIFIEES	33

RESUME

L'utilisation de **matériaux biosourcés** dans la construction et la rénovation des bâtiments est de plus en plus fréquente afin d'améliorer leur qualité environnementale. Dans ce cadre, la DREAL Grand Est a sollicité ATMO Grand Est et le CEREMA afin d'évaluer l'influence de ce type de matériaux sur la qualité de l'air intérieur. Trois bâtiments ont ainsi fait l'objet d'une étude de caractérisation de l'air intérieur dont une maison d'habitation à Port sur Seille.

Deux campagnes de mesures à deux saisons distinctes ont ainsi été mises en œuvre :

- Du 9 au 16 août 2017 pour la phase estivale
- Du 5 au 12 février 2018 pour la phase hivernale.

Deux pièces, la pièce principale du rez-de-chaussée et la chambre des enfants ont été instrumentées.

Les résultats obtenus ont mis en évidence les éléments suivants :

- des niveaux satisfaisants pour les paramètres de confort avec toutes fois des taux d'humidité parfois élevés en période estivale. Ces valeurs ainsi que le fait que les pressions mesurées ne se trouvent pas dans les plages annoncées par le fabricant pour le système de ventilation peuvent expliquer les forts niveaux de contamination fongiques observés dans l'habitation.
- des niveaux de polluants faibles pour la majorité des polluants chimiques hormis le limonène. L'observation de ce composé est due à l'utilisation d'huiles essentielles. Des aldéhydes ont été mis en évidence en raison de la présence de bois traité dans l'habitation.
- des concentrations légèrement supérieures à la valeur repère de $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM_{2,5} corrélées avec les activités de cuisson et de ménage.

Dans ce contexte, il est conseillé d'améliorer le renouvellement d'air dans les pièces en agissant sur le système de ventilation qui peut fournir des débits plus importants et en augmentant la fréquence d'aération notamment en période hivernale. L'utilisation d'huiles essentielles pourrait également être diminuée.

DESRIPTIF DE L'ETUDE

Le secteur du bâtiment en France consomme actuellement plus de 40% de l'énergie finale (c'est le secteur économique le plus consommateur d'énergie)¹ et émet près d'1/4 des gaz à effet de serre (GES)². Dans ce contexte, les réglementations thermiques et la future réglementation E+ C-³ fixent des objectifs de réduction de la consommation énergétique et de l'impact carbone du bâtiment de plus en plus ambitieux. Or, si la phase d'exploitation du bâtiment représente une part considérable de son impact écologique, la phase de construction a également un rôle majeur dans le cycle de vie du bâtiment. En effet, l'énergie grise et les émissions de la construction représentent environ 20% des émissions nationales.

Ainsi l'utilisation de **matériaux biosourcés** dans la construction et la rénovation des bâtiments se développe afin d'améliorer la qualité environnementale des bâtiments⁴ et de respecter l'engagement de diviser par 4 les GES. Nous voyons donc apparaître des matériaux tels que le chanvre, la paille, le duvet de canard ou la laine de mouton dans la composition de l'enveloppe des bâtiments, en plus du bois couramment utilisé.

L'impact des matériaux biosourcés sur la santé n'est cependant pas toujours bien connu, alors qu'ils peuvent émettre des composants organiques volatils (COV). Le bois par exemple, en particulier les résineux, est une source de terpène.

En outre, l'amélioration de **l'étanchéité de l'enveloppe** du bâtiment à des fins énergétiques limite le renouvellement de l'air intérieur. Les bâtiments concernés doivent donc bénéficier de **systèmes de ventilation** suffisants pour évacuer les polluants, couplés à des **pratiques d'aération régulières** des occupants.

Cependant, des soucis de conception ou de mise en œuvre ainsi qu'un usage déviant des occupants peuvent détériorer l'efficacité de la ventilation. Parallèlement, les **choix de matériaux** de construction et d'aménagement intérieur peu émissifs en polluants ne sont pas systématiquement pris en compte dans ces constructions⁵. Or nous passons **80 % de notre temps à l'intérieur**⁶, la qualité de l'air est donc une problématique de **santé publique** majeure.

L'étude a pour objectif d'évaluer la qualité de l'air dans les bâtiments incluant des matériaux de construction biosourcés, au travers d'un panel d'études. Ces bâtiments doivent en outre accueillir de jeunes enfants ou des personnes sensibles.

Cette étude fait partie d'une action du (projet de) Plan Régional Santé Environnement 3 de la Région Grand Est (Agir pour une meilleure qualité de l'air intérieur auprès des publics sensibles). Elle ne vise pas une évaluation exhaustive des matériaux biosourcés existants dans la construction, ni des différents types de bâtiments possibles.

Elle permet néanmoins de donner des premières informations sur la QAI dans ces bâtiments, en les comparant notamment à des précédentes campagnes d'évaluation menées. (Campagne OQAI – BPE, Campagne OQAI – Logements,...)

¹Source : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (www.ademe.fr)

²Source : ATMO Grand-Est et CITEPA France

³E+ C- : label E+C- : Energie Positive & Réduction Carbone

⁴Source : Certivéa

⁵Source : ATMO Alsace

⁶Source : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (www.ademe.fr)

Pour cela, la **DREAL Grand-Est**, **ATMO Grand-Est** et le **Cerema Est** ont décidé d'unir leurs compétences.

Afin d'évaluer l'influence du bâtiment à travers sa conception (matériaux, isolation, système de ventilation, ameublement...) mais également son occupation (activités, mode de vie), le suivi des opérations a consisté en la mise en œuvre de campagnes de mesures complétées par des questionnaires pour une meilleure analyse des résultats concernant la QAI dans les bâtiments biosourcés étudiés.

Trois bâtiments ont fait l'objet de cette étude : une maison d'habitation en Meurthe-et-Moselle, une école élémentaire dans le Haut-Rhin et un centre périscolaire dans les Vosges.

Le présent rapport concerne l'évaluation effectuée au sein de la maison d'habitation en Meurthe-et-Moselle. Un descriptif du bâtiment concerné sera tout d'abord exposé dans le rapport, suivi d'un état des lieux détaillé de la mise en œuvre du protocole. Les différents outils réglementaires à disposition seront ensuite présentés, puis utilisés pour l'interprétation des résultats obtenus.

1. DESCRIPTIF DU BATIMENT

1.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

La maison étudiée se trouve à Port-sur-Seille dans une zone rurale à proximité de champs agricoles. Le bâtiment est situé au bord d'une route peu passante.

Il se trouve dans le couloir aérien de l'aéroport de Metz-Nancy-Lorraine qui se situe à 15km.

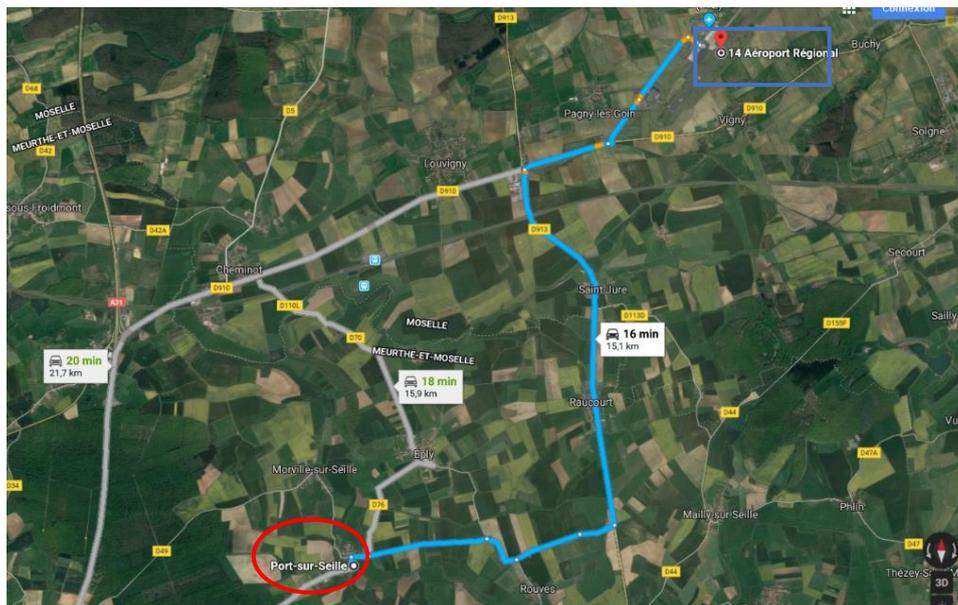


Figure 1: Situation géographique de la maison étudiée

1.2. CARACTERISTIQUES DU BATIMENT

Le bâtiment a été construit en 1920 et rénové en 1950. Il est composé d'une cave, d'un rez-de-chaussée, d'un étage et de combles non aménagés. Les propriétaires actuels ont entrepris des travaux de rénovation entre 2012 et 2015 dont notamment l'isolation, la pose d'une VMC et la dépose de murs intérieurs. Au rez-de-chaussée, on trouve un salon/cuisine ouverte, une salle d'eau, un WC et une buanderie. A l'étage, se situent 3 chambres et une salle de bains.

Le bâtiment est en moellons avec isolation en ouate de cellulose pour le plancher de la cave et la toiture et en laine de chanvre pour les murs extérieurs.

Il est équipé d'une ventilation mécanique simple flux hygroréglable et les fenêtres sont en bois peint.

Des entrées d'air sont présentes sur les fenêtres des chambres et sur une seule fenêtre du salon/cuisine (pièce ouverte). Les extractions se trouvent dans la salle d'eau, la cuisine, la buanderie et la salle de bains de l'étage.

Le bâtiment est chauffé par une chaudière à fioul située dans la cave. Le chauffage est distribué par des radiateurs au rez-de-chaussée. Il n'y a pas de distribution de chauffage à l'étage. Un poêle à bois, situé dans le séjour, est fréquemment utilisé en période hivernale. En complément, des radiateurs sèche-serviette électriques se trouvent dans la salle de bains du rez-de-chaussée et de l'étage.

Les voitures familiales sont garées à l'extérieur.



Figure 2 : poêle à bois dans le séjour (pièce de vie)

1.3 COMPOSITION DES PAROIS

La composition des parois est la suivante :

Tableau 1 : Composition des parois

	RDC pièce de vie	RDC WC/SDB	RDC circulation	1 ^{er} chambre enfants	1 ^{er} WC/SDB	1 ^{er} circulation	1 ^{er} chambre parents
Sol	Parquet vitrifié	carrelage	carrelage	Parquet huilé AURO	Parquet vitrifié	Parquet	Parquet ciré
murs	Laine de chanvre+ lin puis plaques de plâtre puis peinture AURO	Carrelage peint	Idem séjour + soubassement en peinture autre que AURO (grande distribution)	Idem séjour	Tadelakt + carrelage	Peinture Auro	Idem séjour
plafond	Plaque de plâtre + peinture AURO	Peinture conventionnell e	Idem séjour	Idem séjour	Peinture conventionnel le	peinture	Idem séjour

En rouge, les pièces instrumentées par ATMO Grand Est.
(Peinture « naturelle » AURO. Etiquetage sanitaire A).

1.4 ENTRETIEN QUOTIDIEN

L'entretien quotidien est décrit dans le tableau ci-après :

Tableau 2 : Activités ménagères pratiquées

	Fréquence	Produit (type et nom)	Technique(aspirateur, chiffon,...)
sol séjour/cuisine	1 fois par semaine	Savon noir ou liquide vaisselle + eau	Aspirateur puis lavage
meublier séjour/cuisine	1 fois par semaine	Citron pour évier	Microfibre + plumeau
vitres	1 fois par an + cirage tablettes bois 1 fois par an	Eau + liquide vaisselle cirage bois	
murs	1 fois de temps en temps (pour enlever traces)	Eau chaude	
chambres	Aspirateur fois par semaine	Savon noir + eau	Lavage 3-4 fois par an
Wc/sdb	1 fois par semaine	Savon de Marseille + huile essentielle de citron	

A noter, la présence dans la buanderie d'un lave-linge et d'un sèche-linge à condensation (utilisation uniquement en hiver).

1.5 ACTIVITÉS ET PRATIQUES D'AÉRATION DANS LES PIÈCES

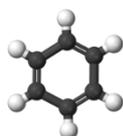
L'habitation était inoccupée pendant les derniers jours de la campagne estivale. A noter que le système de ventilation a été mis à l'arrêt le vendredi 11 août en début d'après-midi puis remis en fonction le samedi en fin de soirée. L'aspirateur a été passé à deux reprises dans la pièce principale pendant la campagne de mesures. Les fenêtres ont été ouvertes à plusieurs reprises lors de la semaine.

Pour la campagne hivernale, la famille était présente toute la semaine sauf le dimanche 11 février. De nombreuses activités de cuisson ont été réalisées dans la pièce principale (salon/cuisine). Le ménage a été réalisé à plusieurs moments de la semaine dans les deux pièces. Les fenêtres ont été peu ouvertes pendant la campagne de mesures.

Les questionnaires d'activités sont présentés en **annexe 1**.

2. CAMPAGNE(S) DE MESURES

2.1. PARAMETRES SUIVIS



De nombreuses études sur la qualité de l'air intérieur ont déjà été menées, et ceci dans différents lieux de vie : habitats, écoles, bureaux, etc. Elles ont toutes mis en évidence une spécificité de la pollution de l'air intérieur. Il s'avère qu'en phase gazeuse les composés chimiques présents sont principalement des Composés Organiques Volatils (COV) regroupant une multitude de substances de familles chimiques distinctes. Sont ainsi décelés dans les ambiances intérieures de manière plus significative que d'autres familles chimiques, certains aldéhydes (dont le formaldéhyde majoritairement et de manière quasi-systématique retrouvé), certains hydrocarbures aromatiques dont le benzène, le toluène, l'éthylbenzène et les xylènes communément appelés BTEX, mais également des COV appartenant aux terpènes, cétones, alcools, éthers de glycol, esters...

Parmi les COV, deux composés suscitent un intérêt particulier au regard de leurs effets sur la santé : le formaldéhyde et le benzène. Ils sont classés cancérogènes avérés par le CIRC (groupe 1). Les études épidémiologiques ont permis à l'ANSES d'établir des seuils sanitaires à ne pas dépasser sur le long terme pour prévenir des effets néfastes sur la santé. Ces seuils ont été repris par décret dans le cadre de la surveillance réglementaire de certains ERP (décret 2015-1000 ayant modifié le décret 2011-1728).



Un indicateur du renouvellement de l'air intérieur est la mesure du dioxyde de carbone (CO₂). En effet, émis par la respiration des personnes présentes, son accumulation au sein de locaux traduit le manque de renouvellement de l'air (confinement). Bien que le CO₂ ne présente pas d'effet notable sur la santé aux niveaux rencontrés, un confinement élevé peut engendrer une accumulation de substances polluantes que les auteurs d'une étude lie à une prévalence de symptômes respiratoires tels que des inflammations, infections respiratoires, asthme... et dans une salle de classe à une gêne sur la concentration des enfants/élèves.

Ces substances chimiques peuvent être émises par de nombreuses sources telles que les matériaux de construction et de décoration, mobiliers, produits d'entretien, peintures, vernis, colles, revêtements de sols, appareils à combustion (voir annexe 2).

Les teneurs en polluants dans l'air intérieur vont dépendre de plusieurs facteurs complémentaires aux émissions des matériaux de construction et celles liées aux systèmes de chauffage : sources d'émissions extérieures, activités humaines (utilisations de produits et d'appareils domestiques, tabagisme ...), réactions chimiques, température et humidité relative des locaux, ventilation (mécanique et/ou naturelle).



Les rejets de NO_x (NO+NO₂) proviennent essentiellement de la combustion de combustibles fossiles (essence, gazole, fiouls, charbon et de la biomasse, ...). Ils se forment par combinaison de l'azote (principalement atmosphérique) et de l'oxygène de l'air à hautes températures. Tous les secteurs utilisateurs de combustibles sont concernés, en particulier le transport routier. Au cours d'une combustion, l'azote de l'air s'oxyde en grande partie en NO puis progressivement en NO₂ à l'air libre. Quelques procédés industriels (production d'acide nitrique, production d'engrais azotés, ...) et activités non liées à la consommation d'énergie (agriculture) émettent des NO_x. Dans l'environnement intérieur, les oxydes d'azote sont essentiellement émis par les appareils fonctionnant au gaz comme les cuisinières à gaz, chaudières, chauffe-eau mais également par le tabagisme.

Les polluants indicateurs retenus dans le cadre de cette action sont issus d'un recoupement entre les travaux de hiérarchisation des paramètres d'intérêts sanitaires (hiérarchisations OQAI 2002 et 2010) et les indicateurs des matériaux de construction et des systèmes de chauffage, ventilation et les différentes sources d'émissions.

Tableau 3 : Liste des polluants mesurés dans le cadre de l'étude

Polluants venant des matériaux de construction	Autres polluants indicateurs des systèmes de chauffage et de ventilation	Paramètres de confort
Limonène a-pinène Benzène Toluène Ethylbenzène Xylènes (m/p – o) Styrene Tétrachloroéthylène 1 méthoxy-2- propanol n-décane Formaldéhyde Acétaldéhyde Hexaldéhyde	Particules en suspension (PM2,5) NO ₂ Moisissures Radon	Température Humidité relative CO ₂ Débit d'extraction d'air

2.2. TECHNIQUES DE MESURE

2.2.1. Température, humidité relative et ventilation

La température et l'humidité relative ont été suivies en continu par des sondes Ebro EBI 20-T-Ex déployées dans les sites intérieurs et extérieurs.

En complément des mesures, les pressions des bouches d'extraction ont été relevées à l'aide d'un manomètre (TESTO) muni d'un tube cristal.

En effet, les mesures de débits des bouches hygroréglables ne sont pas judicieuses parce qu'elles donnent un débit qui peut considérablement varier selon l'hygrométrie à l'extérieur et/ou dans la pièce.

Les pressions mesurées dans les bouches d'extraction sont comparées aux plages de fonctionnement indiquées dans les avis techniques des fabricants des bouches.

2.2.2 Le dioxyde de carbone

Les teneurs en dioxyde de carbone ont été mesurées avec un analyseur Q-Trak (sonde infrarouge non-dispersive 980), toutes les 10 minutes.

2.2.3. Les tubes passifs

Le suivi des concentrations dans l'air a été effectué au moyen de tubes à diffusion passive pour les polluants gazeux suivants :

- Le benzène ;
- Le formaldéhyde.
- Le dioxyde d'azote NO₂

Les tubes passifs de type « Radiello » permettant la mesure du benzène sont constitués de 2 tubes cylindriques concentriques (figure 2) : un tube externe, le corps diffusif, fait office de filtre en arrêtant les poussières et un tube interne, la cartouche, contient le réactif spécifique au composé à absorber.

Pour le NO₂, les tubes de type « Gradko » comprennent un seul élément cylindrique bouché à son extrémité (figure 2).

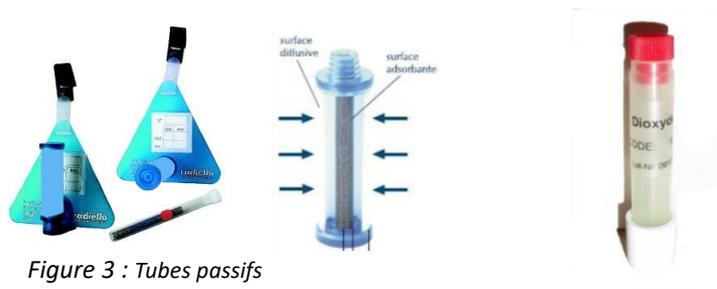


Figure 3 : Tubes passifs

La quantité de molécules piégées dans la cartouche est proportionnelle à sa concentration dans l'environnement.

Dans la pièce à investiguer, le tube passif est suspendu à l'horizontal et ceci pour une durée de 7 jours. Pendant le prélèvement, les polluants gazeux traversent le corps diffusif jusqu'à la zone de piégeage formée par la cartouche absorbante.

Après exposition, la cartouche est placée dans un tube verre et envoyée à un laboratoire d'analyse. Les concentrations dans l'air moyennes des polluants sur l'ensemble de la période d'exposition (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) seront déterminées par analyse différée des échantillons en laboratoire :

- Le Laboratoire Interrégional de Chimie 'SYNAIRGIE' situé à Schiltigheim par chromatographie liquide haute performance (HPLC) et d'une détection par absorption pour le formaldéhyde
- Le laboratoire de chimie Atmo Grand Est à Metz pour l'analyse du NO_2 par dosage colorimétrique selon la norme NF X 43-009.
- L'Istituto Clinico Scientifico Maugeri situé à Peralolo di Vignozza en Italie pour l'analyse des COV (NF EN ISO 16017-2).

2.2.4. Le pDR-1500

L'analyseur de poussières Thermo pDR-1500 est un néphélomètre qui permet une mesure en temps réel de la concentration massique des poussières en continu.

2.2.5. Les badges Kodalpha

La mesure de l'activité volumique du Radon a été réalisée par un dosimètre radon KODALPHA qui est un détecteur de particules alpha. Il permet de réaliser des mesures "intégrées" de la radioactivité naturelle due au gaz radon. Les mesures ont été effectuées sur une durée de deux mois.

2.2.6. Les moisissures

Pour le prélèvement des moisissures, un impacteur a été utilisé. Il permet de prélever les micro-organismes aéroportés par impaction (aspiration de 100 litres d'air par minute et projection sur deux milieux de culture après passage sur une grille). Un dénombrement est réalisé après 3 jours d'incubation et une identification des moisissures après 14 jours d'incubation.

Par ailleurs, une détermination des espèces fongiques présentes sur les surfaces murales a été entreprise avec utilisation d'un écouvillon stérile frotté sur les murs et les systèmes de ventilation (incubation pendant 14 jours). La recherche de moisissures est effectuée par la faculté de médecine de Nancy (CMEI).

2.3 STRATÉGIE D'ÉCHANTILLONNAGE

2.3.1 Stratégie d'échantillonnage spatiale

Compte tenu de la configuration des lieux, la salle de vie (salon/cuisine) au rez-de-chaussée et la chambre des enfants ont été instrumentées pour cette étude.

2.3.2 Stratégie d'échantillonnage temporelle

Afin d'être au maximum représentatif des conditions moyennes sur l'année (permettant ainsi une comparaison par rapport à des valeurs de référence long terme), un minimum de 2 périodes d'une semaine dans l'année à 2 saisons distinctes (période de chauffe des bâtiments et période hors chauffe) a été nécessaire du fait des fluctuations notables de concentrations de certains polluants au cours d'une année.

Les mesures d'une durée de 7 jours ont été réalisées :

- Du 9 au 16 août 2017 pour la phase estivale
- Du 5 au 12 février 2018 pour la phase hivernale.

Seuls les prélèvements de moisissures et bactéries doivent être réalisés sur un pas de temps court (5 à 10 minutes). A l'inverse les mesure de radon sont effectuées sur une durée plus longue d'environ 2 mois.

Le radon ainsi que les particules fines ont été mesurés essentiellement en phase hivernale. Les mesures ponctuelles de ventilation ont été réalisées en période hivernale et estivale.

Des mesures en extérieur ont également été réalisées pour les COV et le NO₂ afin de prendre en compte l'apport éventuel de l'environnement extérieur.

3. STRATEGIE DE COMPARAISON

3.1. VALEURS DE REFERENCE

3.1.1. Les paramètres de confort



Au niveau du confort hygrothermique (température et humidité relative), bien qu'il soit subjectif et dépendant d'autres paramètres (vitesse de l'air, habillement...), il est possible de définir des plages jugées acceptables. Par exemple, le diagramme de Fauconnier suggère pour un confort optimal les plages de températures et d'humidité relative associées. Une humidité trop faible (< 30%) peut donner une sensation de sécheresse gênante sur le plan respiratoire, cutanée et oculaire. Une humidité relative trop importante (>70%) peut favoriser le développement de moisissures.

Par ailleurs, l'Ademe préconise un taux optimal d'humidité relative dans l'air entre 40 et 60 %, pour une température s'élevant entre 18° et 22° C.

3.1.2. Le dioxyde de carbone

Le règlement sanitaire départemental indique de ne pas dépasser dans un espace clos 1 000 parties par million (ppm) de CO₂ avec une tolérance jusqu'à 1 300 ppm. On considère que le confinement est élevé à partir de 1700 ppm.

3.1.3. Les débits réglementaires

L'arrêté du 24/03/1982 modifié le 28/10/1983 instaure le principe d'aération générale et permanente dans les logements.

Lorsque le logement est équipé de ventilation mécanique contrôlée hygroréglable, le débit total minimal d'air extrait doit être de 20 m³/h.

De plus, les pressions mesurées doivent être comprises dans les plages de fonctionnement indiquées par les avis techniques des fabricants des bouches.

3.1.4 Le benzène et le formaldéhyde

Parmi l'ensemble des polluants évoqués ci-avant, le benzène, le formaldéhyde ainsi que le confinement sont réglementés par le décret n° 2012-14 du 5 janvier 2012 et le décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011⁷. Les autres polluants mesurés dans le cadre de cette étude ne disposent pas de valeurs réglementaires.

Pour le benzène et le formaldéhyde, la réglementation fixe les valeurs limites à ne pas dépasser dans un espace clos ainsi que les différentes valeurs guides d'exposition à long terme qui rentrent progressivement en vigueur.

La **valeur guide** pour l'air intérieur désigne un niveau de concentration de polluants de l'air intérieur, déterminé pour un espace donné à atteindre à long terme pour protéger la santé des personnes.

La **valeur limite** désigne la valeur au-delà de laquelle des investigations complémentaires doivent être menées afin d'identifier et de neutraliser les sources dans le but de ramener les teneurs intérieures en dessous de la valeur repère.

Tableau 4 : Valeurs réglementaires relatives au benzène et au formaldéhyde.

	Synthèse des différentes valeurs réglementaires		
	Valeur guide pour une exposition long terme		Valeur limite
Formaldéhyde	10 µg/m³ à compter du 1 ^{er} janvier 2023	30 µg/m³ depuis le 1 ^{er} janvier 2015	100 µg/m³
Benzène	2 µg/m³ depuis le 1 ^{er} janvier 2016	5 µg/m³ depuis le 1 ^{er} janvier 2013	10 µg/m³

3.1.5 Les autres composés organiques volatils

Pour les polluants ne disposant pas de valeurs réglementaires, des valeurs dites de référence seront utilisées. Les composés organiques volatils pour lesquels aucune valeur n'est recensée, ne figurent pas dans le tableau ci-après et l'interprétation est réalisée de façon quantitative.

⁷ Décret n° 2011-1727 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène.

Des valeurs guides indicatives ont été proposées pour le toluène, le styrène et les xylènes dans une étude de Koistinen et al⁸. Le Haut Conseil de Santé Publique (HCSP) a également proposé des valeurs guides indicatives pour le trichloroéthylène⁹ et le tétrachloroéthylène¹⁰. L'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'Environnement et du travail (ANSES) a également établi une valeur guide long terme pour l'acétaldéhyde¹¹.

Tableau 5 : Valeurs réglementaires relatives aux autres composés organiques volatils

Polluants	Valeurs indicatives
acétaldéhyde	ANSES : 160 µg/m ³ (2014)
toluène	INDEX : 300 µg/m ³ (2005)
(m+p)-xylènes et o-xylène	INDEX : 200 µg/m ³ (2005)
styrène	INDEX : 250 µg/m ³ (2005)
tétrachloroéthylène	HCSP : 250 µg/m ³ (2010) Action rapide : 1250 µg/m ³
trichloroéthylène	HCSP : 2 µg/m ³ (2012)

3.1.6. Les PM_{2,5} et le NO₂

En France, les valeurs guides (VGAI) sont établies par l'ANSES. À défaut, les VGAI établies par l'OMS en 2010 ou reconnues à l'échelle européenne peuvent être utilisées.

Il existe également des valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos : le HCSP propose à partir des VGAI de l'ANSES, des valeurs dites de « gestion » avec un calendrier d'application associé. En outre, le HCSP propose des outils d'aide à la gestion en formulant des valeurs aux dessus desquelles des actions sont à entreprendre pour améliorer la qualité de l'air intérieur.

Pour les PM_{2,5} :

Afin de prévenir les effets liés à une exposition chronique, le HCSP¹² recommande dans l'air intérieur :

- Un objectif cible de 10 µg/m³ à échéance de 2025, avec des valeurs dégressives, directement applicables. La valeur repère pour 2018 est ainsi fixée à 17 µg/m³.
- Une valeur d'action rapide de 50 µg/m³ dont le dépassement doit déclencher dans les trois mois la mise en œuvre d'actions correctives.

Pour le NO₂ :

L'ANSES a également établi une valeur guide long terme pour le NO₂¹³ établie à 20 µg/m³.

⁸ Koistinen K, Kotzias D, Kephelopoulou S et al. (2008). The INDEX project : executive summary of a European Union project on indoor air pollutants. Allergy, 63:810-819.

⁹ HCSP (2012) – Avis relatif à la fixation de valeurs repères d'aide à la gestion pour le trichloroéthylène dans l'air des espaces clos, 6 juillet 2012, 3.

¹⁰ HCSP (2010) – Avis relatif à la fixation de valeurs repères d'aide à la gestion pour le tétrachloroéthylène dans l'air des espaces clos, 16 juin 2010,

¹¹ Proposition de valeurs guides de qualité de l'air intérieur L'acétaldéhyde, Avis de l'ANSES, Rapport d'expertise collective, avril 2014, Edition scientifique

¹² Valeurs repères d'aide à la gestion dans des espaces clos : les particules, HSCP, juillet 2013

¹³ Anses (2013) Propositions de Valeurs Guides de qualité d'Air intérieur, Dioxyde d'azote (NO₂). Février 2013. Avis et rapport, 143 p.

3.1.4. Le radon

Le radon est un gaz radioactif d'origine naturelle, issu de la désintégration de l'uranium et du radium présents naturellement dans le sol et les roches. En France, il n'existe actuellement pas de limite réglementaire applicable aux logements. Cependant, sur la base des recommandations de l'organisation mondiale de la santé (OMS), la Commission européenne a retenu la valeur de 300 Bq/m³ en moyenne annuelle comme valeur de référence en dessous de laquelle il convient de se situer. Lorsque les résultats de mesures dépassent 300 Bq/m³, il est ainsi nécessaire de réduire les concentrations en radon.

3.1.5. Les moisissures

Pour les moisissures, le nombre « d'Unités Formant Colonies » (UFC) par m³ peut être relié à un niveau de concentration (Reboux et al.: Indoor mold concentration in Eastern France. Indoor Air 2009) :

Tableau 6 : Valeurs d'interprétation pour les moisissures.

Unités Formant Colonies (UFC/m ³)	Niveau de concentration
< 170 UFC/m ³	Faible
170 à 560 UFC/m ³	Moyen
560 à 1000 UFC/m ³	Fort
> 1000 UFC/m ³	Très fort

3.2. DONNEES COMPARATIVES

L'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) a réalisé en 2004-2005 une vaste campagne afin d'obtenir une image représentative de la qualité de l'air à l'intérieur des logements français (567 logements enquêtés¹⁴). Les résultats obtenus sont renseignés dans le tableau 7.

Tableau 7 : Concentrations mesurées lors de la campagne OQAI

Résultats de la Campagne Nationale Logements - OQAI (µg/m ³)		
Polluants	Médiane	95ème percentile
Aldéhydes		
Formaldéhyde	19,6	46,7
Acétaldéhyde	11,6	30,0
Composés organiques volatils		
Benzène	2,1	7,2
Toluène	12,2	82,9
Ethylbenzène	2,3	15,0
m+p-xylènes	5,6	39,7
O-xylènes	2,3	14,6
Particules en suspension		
PM10	31,3	182

¹⁴ Campagne nationale Logements : État de la qualité de l'air dans les logements français Rapport final (mise à jour mai 2007)
http://www.airinterieur.org/userdata/documents/Document_133.pdf

4. RESULTATS

4.1. LES PARAMETRES DE CONFORT ET LE RENOUELEMENT D'AIR

4.1.1 Les paramètres de confort

Le tableau ci-dessous présente les moyennes de température et d'humidité enregistrées dans chacune des pièces ainsi qu'à l'extérieur. A noter que le taux d'humidité à l'extérieur n'est pas disponible pour la campagne hivernale.

Tableau 8 : Résultats obtenus pour les paramètres de confort dans les salles de classe.

Pièce	Température en °C			Humidité relative en % HR		
	Minimum	Maximum	Moyenne	Minimum	Maximum	Moyenne
Campagne estivale						
Salon/Cuisine	20,2	23,5	21,3	34,9	69,9	57
Chambre	20,6	23,8	20,6	53,4	61,9	58,4
Extérieur	8,5	38,8	19,1	25	96,7	74
Campagne hivernale						
Salon/Cuisine	17	25,8	21,2	34,3	47,3	41,2
Chambre	16,2	21,6	17,9	41,8	45,6	48,9
Extérieur	-6,9	11,5	0,3	-	-	-

Les températures moyennes mesurées se situent dans les plages de préconisations. Certaines températures élevées sont parfois enregistrées dans le salon notamment en campagne hivernale en lien avec la présence du poêle à bois.

Les taux d'humidité mesurés sont satisfaisants mais présentent des valeurs un peu élevées lors de la campagne estivale. A noter qu'un taux d'humidité trop important peut favoriser le développement des bactéries et de microchampignons.

4.1.2 Le renouvellement d'air

Le dioxyde de carbone

Le tableau ci-dessous indique les niveaux de CO₂ obtenus dans les deux pièces lors de la campagne de mesures.

Tableau 9 : Résultats obtenus pour le dioxyde de carbone.

Pièce	Concentration en CO ₂ en ppm	
	Maximum	Moyenne
Campagne estivale		
Salon/cuisine	1082	512
Chambre	1337	596
Campagne hivernale		
Salon/cuisine	1094	744
Chambre	1216	796

Lors de la campagne nationale logement la moyenne s'élevait à 756 ppm (dans les chambres). Les résultats obtenus sont inférieurs à cette valeur pour la campagne estivale et du même ordre de grandeur lors de la campagne hivernale en lien avec une ouverture moins fréquente des fenêtres en cette période. Les valeurs maximales observées en période hivernale indiquent cependant un début de confinement qui reste ponctuel.

Le dispositif de ventilation

Tableau 10 : Mesures de pression aux bouches d'extraction en période estivale (09/08/17)

	Réf bouches	Pressions mesurées (Pa)	Plages de pressions annoncées par le fabricant (Pa)	Débits annoncés par fabricant- 4 pièces en m ³ /h
cuisine	Unelvent BEHC 10/45/135	88	80 à 160	HygroA : 45/135 Hygro B : 42/120
SDB avec WC (RDC)	Unelvent BEHS 10/40	18	80 à 160	Hygro A : 45 Hygro B : 45
SDB avec WC (1 ^{er})	BHYW/P ou BEHW DP 5/30	68		Hygro A : 20 Hygro B : 34
buanderie	Unelvent BEHS 10/40	20	80 à 160	Pas d'information

Les pressions mesurées ne se trouvent pas dans les plages de pressions annoncées par le fabricant dans les salles de bains et la buanderie mais la pression mesurée à la cuisine/séjour se trouve dans la plage annoncée. On peut s'interroger sur la qualité du renouvellement d'air.

Tableau 11 : Mesures de pression aux bouches d'extraction en période hivernale (06/02/18)

	Réf bouches	Pressions mesurées Pa	Plages de pressions annoncées par le fabricant Pa	Débits m ³ /h (à titre indicatif)	Débits annoncés par fabricant- 4 pièces en m ³ /h
cuisine	Unelvent BEHC 10/45/135	90	80 à 160	40	HygroA : 45/135 Hygro B : 42/120
SDB avec WC (RDC)	Unelvent BEHS 10/40	27	80 à 160	Pas de prise de mesure possible (cône impossible à poser)	Hygro A :45 Hygro B : 45
SDB avec WC (1 ^{er})	BHYW/P ou BEHW DP 5/30	75		Pas de prise de mesure possible (cône impossible à poser)	Hygro A : 20 Hygro B : 34
buanderie	Unelvent BEHS 10/40	6	80 à 160	Pas de prise de mesure possible (bouche inatteignable)	Bouche inatteignable mais l'extraction semble nulle ou presque

La tendance est la même en hiver qu'en été : les pressions mesurées ne se trouvent pas dans les plages annoncées par le fabricant pour 3 mesures sur 4. Une mesure ponctuelle de débit à la cuisine vient confirmer ce bilan sur un renouvellement d'air insuffisant par rapport aux exigences de la réglementation.

Au sujet de la circulation de l'air dans ce bâtiment et donc du renouvellement de l'air :

- Les entrées d'air semblent insuffisantes au rez-de-chaussée (une seule présente sur la fenêtre côté jardin) mais l'air peut circuler librement dans la pièce de vie/cuisine (absence de cloison et de porte) ;
- A l'étage, chaque chambre est équipée d'entrées d'air mais les portes sont peu ou pas détalonnées. Par contre, les occupants ont l'habitude de laisser les portes ouvertes été comme hiver, ce qui permet à l'air de circuler entre les pièces.

4.2. LES POLLUANTS ISSUS DES MATERIAUX ET DES ACTIVITES

4.2.1 Le formaldéhyde

Les concentrations obtenues pour le formaldéhyde sont précisées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 12 : Concentrations obtenues pour le formaldéhyde

	Campagne estivale	Campagne hivernale	Moyenne
Salon/Cuisine	14,5 µg/m ³	10,8 µg/m ³	12,7 µg/m ³
Chambre	20,1 µg/m ³	11,8 µg/m ³	16 µg/m ³
Valeur guide 2015	30 µg/m ³		
Valeur guide 2023	10 µg/m ³		

Les concentrations moyennes obtenues sont modérées et inférieures à la valeur guide de 30 µg/m³ actuellement en vigueur. Ces valeurs sont également inférieures à la médiane de la campagne logement qui s'élève à 19,6 µg/m³.

NB : En 2023, la VGAI du formaldéhyde passera à 10 µg/m³.

4.2.2 Le benzène

Les concentrations obtenues pour le benzène sont précisées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 13 : Concentrations obtenues pour le benzène dans les pièces instrumentées ainsi qu'à l'extérieur

	Campagne estivale	Campagne hivernale	Moyenne
Salon/Cuisine	0,7 µg/m ³	1,4 µg/m ³	1,1 µg/m ³
Chambre	1 µg/m ³	1,6 µg/m ³	1,3 µg/m ³
Extérieur	0,6 µg/m ³	1,7 µg/m ³	1,2 µg/m ³
Valeur guide 2016	2 µg/m ³		

Les valeurs mesurées dans le logement sont faibles et inférieures à la valeur guide de 2 µg/m³. La campagne hivernale présente des valeurs légèrement plus élevées que la campagne estivale conformément au comportement saisonnier habituel de ce polluant. A titre de comparaison, la campagne logement présente quant à elle une médiane de 2,1 µg/m³.

4.2.3 Les autres composés

Le tableau ci-après présente les concentrations obtenues dans les pièces pour les autres composés mesurés.

Tableau 74 : Concentrations obtenues pour les autres composés

Concentration en µg/m ³	Salon/cuisine		Chambre	
	été	hiver	été	hiver
1-méthoxy-2-propanol	1,3	1,1	3,9	0,7
tétrachloroéthylène	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
éthylbenzène	1,7	1,2	0,9	1,2
toluène	2,4	2,3	2,5	2,7
m- + p-xylène	2,0	1,5	1,2	1,6
styrène	0,4	<LQ	0,5	<LQ
limonène	11,5	92,3	19,2	22,6
alpha-pinène	15,5	21,0	27,7	5,3
n-décane	2,2	4,2	1,6	5,7
acétaldéhyde	16,2	22,8	20,6	22,7
hexaldéhyde	22,9	21,1	25,3	22,3

< LQ : concentration inférieure à la limite de quantification

Pour l'ensemble des composés mesurés, les concentrations relevées sont faibles et conformes à ce qui est habituellement mesuré dans les espaces intérieurs. La concentration la plus élevée concerne le **limonène** dans le salon cuisine pour la campagne hivernale et s'élève à $92,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Les valeurs sont plus faibles dans la chambre. Les sources de ce polluant en air intérieur sont les désodorisants, les parfums d'intérieur, ou encore les produits d'entretien. La personne propriétaire du logement utilise de l'huile essentielle de citron ou du citron (fruit) pour le ménage, notamment pour nettoyer les sanitaires. Ces deux méthodes sont en effet émettrices de limonène et expliquent les concentrations de ce composé observées dans l'air intérieur¹⁵.

Les concentrations en **acétaldéhyde** sont quant à elles supérieures à la médiane de la campagne logement, de $11,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Les sources de ce polluant en air intérieur sont, la fumée de tabac, l'encens, les bougies, les photocopieurs, les panneaux de bois brut, les panneaux de particules, les bois contre-plaqués ou stratifiés ou encore les peintures mates. L'**hexaldéhyde**, dont les sources principales sont les peintures à phase solvant, les photocopieurs et le parquet traité présente des concentrations de l'ordre de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En effet, l'habitation présente d'importantes surfaces de parquet traité (vitrifié ou huilé), des menuiseries en bois peintes, des meubles en bois dont un en panneaux de particules dans la chambre des enfants. De plus un mur en bois peint se trouve dans la chambre des enfants (Figure 4), et les parois verticales sont également recouvertes de peinture. Ces produits de revêtement intérieur sont très probablement les sources de ces émissions de polluants.

L'alpha-pinène, dont la présence en air intérieur est généralement liée à la présence de bois présente des valeurs allant jusqu'à $27,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans la chambre.



Figure 4 : Chambre enfants

4.3. LES POLLUANTS INDICATEURS DES SYSTEMES DE CHAUFFAGE ET DE LA COMBUSTION

4.3.1 Les PM_{2,5}

La concentration en PM_{2,5} a été mesurée uniquement lors de la phase hivernale. Le salon présente une moyenne sur la période de $18,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ avec une valeur maximale de $434,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pour la chambre la moyenne est plus faible ($14,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) avec une valeur maximale de $116 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

¹⁵ Article **Mesure de la concentration dans l'air d'un composé organique volatil (COV), le limonène, libéré par la pulvérisation d'un mélange de 41 huiles essentielles de la gamme Puresentiel®**, [S. Ortega](#), [M. Ott](#), [A. Dazy](#), [F. De Blay](#) Revue des maladies respiratoires janvier 2015

Les concentrations moyennes dépassent légèrement la valeur repère de 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Les valeurs maximales apparaissent cependant élevées notamment dans le salon. Le graphique ci-dessous présente l'évolution des PM_{2,5} dans le salon :

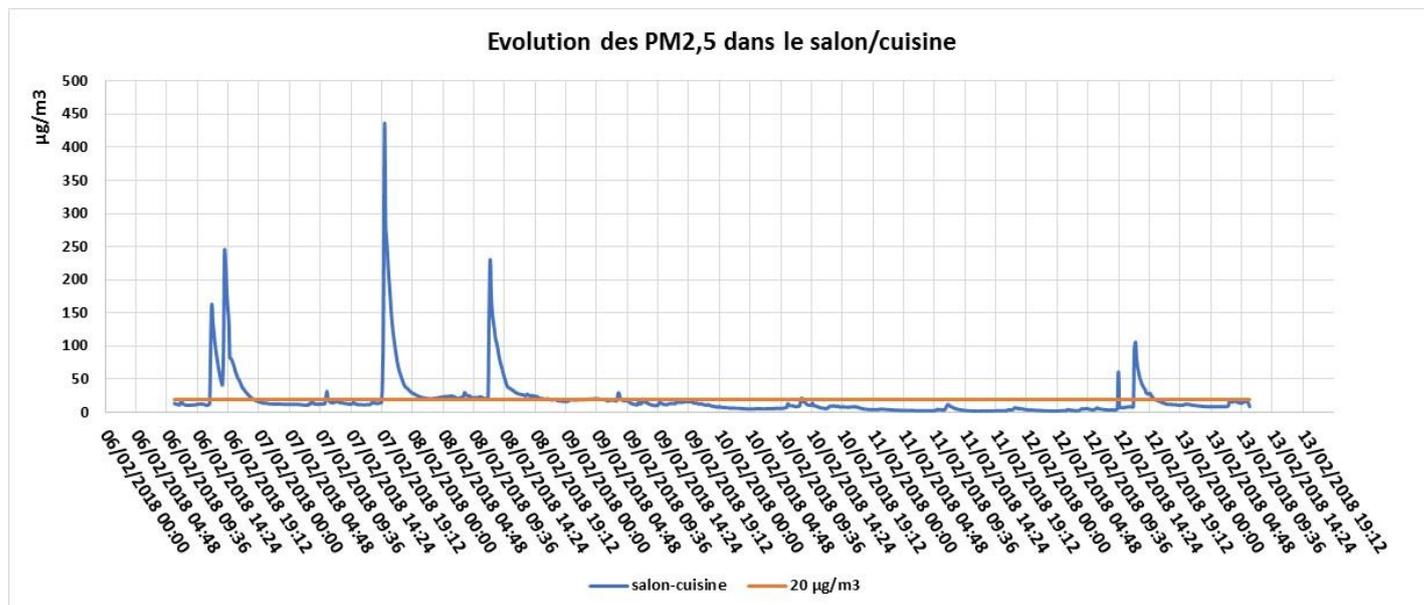


Figure 5 : Evolution des PM_{2,5} dans la pièce

L'horaire des premiers pics de concentration observés correspond à la réalisation d'activités de cuisson (friture, beignets...) ce qui explique les fortes valeurs mesurées. Ces pics sont ponctuels et une aération par ouverture des fenêtres après la cuisson permettent une baisse rapide des concentrations. En ce qui concerne les pics plus modérés observés en fin de période, des activités ménagères pouvant provoquer un brassage des poussières dans l'air ont été effectuées au même moment. En dehors de ces augmentations importantes de concentration, de faibles pics sont régulièrement observés dans le courant de la semaine en raison du rallumage ou de l'ouverture du feu dans le poêle. L'impact est donc minime sur les concentrations observées.

4.3.2 Le dioxyde d'azote

Les concentrations en dioxyde d'azote obtenues dans les deux pièces instrumentées se trouvent dans le tableau ci-dessous :

Tableau 15 : Concentrations obtenues pour le dioxyde d'azote

	Campagne estivale	Campagne hivernale	Moyenne
Salon/cuisine	6,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	3,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	4,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Chambre	3,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	3,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Extérieur	9,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	17,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	13,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Valeur guide indicative	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		

Les concentrations en dioxyde d'azote dans l'habitation sont faibles et très en deçà de la valeur guide indicative de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.4. LE RADON ET LES MOISSURES

Le radon

L'habitation de Port sur Seille présente une concentration moyenne pour le radon de 147 Bq/m³. Cette valeur est inférieure à la valeur limite de référence de 300 Bq/m³.

Les moisissures

Le niveau de contamination en UFC/m³ a été déterminé dans le salon/cuisine, la chambre et à l'extérieur.

Tableau 16 : Valeurs obtenues pour la contamination fongique

	Salon/cuisine	Chambre	Extérieur
Nombre d'UFC/m ³	620	560	190
Niveau de contamination	Fort	Fort	Moyen

La faculté de médecine de Nancy qui a réalisé les prélèvements indique les éléments suivants : « Les prélèvements d'air ne montrent pas de pollution fongique des lieux par rapport à l'air extérieur. Les moisissures identifiées appartiennent à la flore aéroportée classique. Néanmoins, des contaminations fortes sont observées dans le salon et la chambre. La présence d'objets sur la plupart des rebords de fenêtres ne rend pas facile leur ouverture quotidienne. Les espèces retrouvées sur les surfaces ne sont pas indicatrices d'humidité et sont régulièrement rencontrées dans l'environnement intérieur ». Ces observations peuvent également s'expliquer par un taux d'humidité ponctuellement élevé notamment lors de la campagne estivale ce qui peut favoriser la formation de moisissures.

Comme mentionné au chapitre 4.2.1 sur le renouvellement d'air, la circulation de l'air est sans doute insuffisante (manque d'entrée d'air au RDC et portes non détalonnées à l'étage) ainsi que les pratiques d'aération. Les espèces présentes sont détaillées en annexe 3.

CONCLUSION

La caractérisation de la qualité de l'air dans l'habitation de Port-sur-Seille a permis de mettre en évidence les éléments suivants :

- Des paramètres de confort conformes aux recommandations avec toutefois des températures et des taux d'humidité ponctuellement élevés.
- Un renouvellement de l'air moyen avec quelques pics au-dessus de 1000 ppm ce qui indique un début de confinement.
- Des concentrations faibles et inférieures aux valeurs de référence pour la majorité des polluants chimiques mesurés. Une concentration de 92,3 µg/m³ a cependant été observée pour le limonène dans la pièce principale, en lien probable avec l'utilisation d'huile essentielle de citron lors des activités ménagères. L'acétaldéhyde et l'hexaldéhyde présentent des valeurs de l'ordre de 20 µg/m³ légèrement en dessous de ce qui est généralement observé dans les logements, et sans doute dues à la présence de bois traité en quantité significative. C'est également le cas pour l'alpha-pinène dont la source principale en air intérieur est la présence de bois.
- Des concentrations en PM_{2,5} ponctuellement élevées en lien avec les activités de cuisson et ménagères.
- Une valeur de 147 Bq/m³ pour le radon ce qui est inférieur à la valeur limite de référence de 300 µg/m³.

- Un niveau de contamination fort pour les moisissures dans les deux pièces instrumentées en lien avec la présence de taux d'humidité ponctuellement élevés.

Les préconisations portent principalement sur la qualité du renouvellement d'air, à la fois lié à la **ventilation** qui pourrait extraire des débits plus importants et à une **aération** plus régulière en hiver notamment.

Le choix des produits (vernis, peintures, panneaux de particules) de revêtement intérieur peut également influencer sur les polluants émis dans l'air intérieur, ainsi que les produits de nettoyage. Les huiles essentielles ne sont pas anodines, sont irritantes et sources de pollution. Elles sont donc à utiliser avec précaution et parcimonie.

ANNEXE 1

QUESTIONNAIRES D'ACTIVITES

Campagne estivale

Pièce: *Chambre filles*

Période de prélèvement: *du 9 au 16 août 2017*

Merci de renseigner le questionnaire suivant de la façon la plus précise possible, jour par jour

- Horaire et durée d'ouverture des fenêtres
- Horaires de présence dans la pièce ainsi que le nombre de personnes
- Horaires et type de ménage effectué dans la pièce (par exp : lavage sol, poussière, etc...)
- Autres activités telles que utilisation encens, utilisation de parfums, tabagisme, bricolage, peinture, introduction meuble neuf

Jour	Mercredi 9 août	Jeudi 10 août	Vendredi 11 août	Samedi 12 août	Dimanche 13 août	Lundi 14 août	Mardi 15 août	Mercredi 16 août
1h								
2h								
3h								
4h								
5h								
6h								
7h								
8h								
9h								
10h								
11h								
12h								
13h								
14h								
15h								
16h								
17h								
18h								
19h								
20h								
21h								
22h								
23h								
24h								

pièce: Salon/ cuisine

Période de prélèvement: du 9 au 16 août 2017

Merci de renseigner le questionnaire suivant de la façon la plus précise possible, jour par jour

- Horaire et durée d'ouverture des fenêtres
- Horaires de présence dans la pièce ainsi que le nombre de personnes
- Horaires et type de ménage effectué dans la pièce (par exp : lavage sol, poussière, etc...)
- Autres activités telles que utilisation encens, utilisation de parfums, tabagisme, bricolage, peinture, introduction meuble neuf

Jour	Mercredi 9 août	Jeudi 10 août	Vendredi 11 août	Samedi 12 août	Dimanche 13 août	Lundi 14 août	Mardi 15 août	Mercredi 16 août
1h								
2h		↑ 2 pers	7h00					
3h			personne	8h00				
4h					11h45 = aspirateur			
5h					1 à 2 pers de 10h00 à 12h00			
6h			14h00					
7h			couper la ventilation (15h30)	↑ 12h00	depuis 12h30			
8h			15h30 = aspirateur poussière					
9h		↑ toujours						
10h		1 à 2 pers	ouverture fenêtre 5					
11h		11h30 - ouverture fenêtre 5 min	15h30 ↑ 2 pers					
12h	→ repas cuisine porte ouverte 4 pers présents 5 pers	12h-12h30 repas	17h00 ↓					
13h		6 pers num de repas	19h00 repas					
14h		12h45 → pousser fenêtre cuisine	19h00					
15h		benêtie ouverte						
16h		13h30 balai						
17h		14h45 → 15h00 ouverture fenêtre	3h00					
18h	↑ absence	15h30 balai	passage port ouvert					
19h		16h30 → 20h00 2 pers	régulation					
20h	Toujours 1 à 3 pers							
21h		20h - 4 pers						
22h		22 = ouverture fenêtre 10'						
23h								
24h				remettre la ventilation à 22h45				

Logement de : *Port Sur Seille.*

Pièce : *Chambre*

Période de prélèvement : *du 6 au 13 février.*

Tubes utilisés :

Merci de renseigner le questionnaire suivant de la façon la plus précise possible, jour par jour

- Horaire et durée d'ouverture des fenêtres de toutes les pièces
- Horaire et durée des activités de cuisine (précisez le mode de cuisson)
- Nettoyage utilisation de produits d'entretien surfaces et sol et désodorisants
- Symptômes pendant la période de mesure
- Autres activités (ex : bricolage...)

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
1h							
2h							
3h							
4h							
5h							
6h							
7h							
8h	<i>8h30</i>	<i>8h30</i>					
9h	<i>aérés</i>	<i>aérés</i>					
10h		<i>hangar</i>					
11h		<i>(2 pers)</i>					
12h							
13h							
14h							
15h							
16h							
17h							
18h							
19h	<i>jeux.</i>						
20h							
21h	<i>soinnet.</i>						
22h							
23h							
24h							

Logement de : *Port San Seille*

Pièce : *Salon / Cuisine*

Période de prélèvement : *du 6 au 13 février*

Tubes utilisés :

Merci de renseigner le questionnaire suivant de la façon la plus précise possible, jour par jour

- Horaire et durée d'ouverture des fenêtres de toutes les pièces
- Horaire et durée des activités de cuisine (précisez le mode de cuisson)
- Nettoyage utilisation de produits d'entretien surfaces et sol et désodorisants
- Symptômes pendant la période de mesure
- Autres activités (ex : bricolage...)

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
1h							
2h							
3h							
4h							
5h							
6h							
7h							
8h	8h30- aérée 20'						
9h							
10h		10h30 aérée 20'					
11h							
12h							
13h	13h15 aérée 5'						
14h							
15h							
16h	ménage						
17h							
18h							
19h	repas						
20h							
21h							
22h							
23h							
24h							

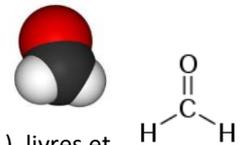
ANNEXE 2

SOURCES D'ÉMISSIONS DE QUELQUES POLLUANTS A L'ÉTUDE

Les aldéhydes

Les aldéhydes sont des composés organiques comportant une double liaison entre un atome de carbone et un atome d'oxygène, l'atome de carbone étant lié exclusivement à des atomes d'hydrogène ou de carbone.

- **formaldéhyde** : produits de construction et de décoration contenant des colles ou des liants urée-formol (panneaux de particules, panneaux de fibres, panneaux de bois brut et aggloméré, parquets, laines minérales, moquettes, mobiliers, stratifiés...), peintures et colles en phase aqueuse, vernis, sources de combustion (fumée de tabac, encens, bougies, cheminées...), livres et magazines neufs, photocopieurs, imprimantes laser, produits d'entretien, désinfectants, vernis, colles, revêtements de sol ;



Le formaldéhyde est également omniprésent dans l'industrie de la finition textile (utilisation de résines, traitements pour en augmenter la résistance, brillance, empêcher le rétrécissement, faciliter le lavage...).

Le formaldéhyde peut également être formé par réaction chimique de l'ozone avec certains matériaux de construction et revêtements.

- **acétaldéhyde** : photochimie, fumées de tabac, encens, bougies, photocopieurs, panneaux de bois brut, panneaux de particules ;
- **benzaldéhyde** : peintures à phase solvant, photocopieurs, parquet traité ;
- **isovaléraldéhyde** : parquet traité, panneaux de particules ;
- **propionaldéhyde** : fumée de cigarettes, plantes, désodorisants, désinfectant (lingettes, produits liquides, gel...), peinture à phase solvant, conservateur dans des produits de type peinture, bois...
- **butyraldéhyde** : photocopieurs ; imprimantes, laser, solvants.
- **valéraldéhyde** : émissions des livres et magazines neufs, peintures à phase solvant, panneaux de particules.
- **Hexaldéhyde** : panneaux de particules, émissions des livres et magazines neufs, produit de traitement du bois, panneaux de bois brut, des revêtements muraux comme la peinture à base de solvant, utilisation de produits ménagers, de parfums ou désodorisants d'intérieur...

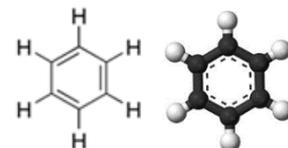
Les autres COV (liste non exhaustive)

Les BTEX

Le **benzène**, le **toluène**, l'**éthylbenzène** et les **xylènes** regroupés sous le terme **BTEX** sont des hydrocarbures aromatiques gazeux composés d'un noyau aromatique et de ramifications, se formant naturellement lorsque des matières organiques (composées de carbone et d'hydrogène) sont exposées à des phénomènes de combustion ou de pyrolyse.

Aussi, leurs principales sources d'émissions sont la combustion de dérivés du pétrole (fioul, charbon, essence etc), l'évaporation de carburant (réservoirs automobiles, phases de stockage– transport–distribution), la fumée de cigarettes, la combustion de biomasse (bois pour le chauffage notamment). Mais chacun de ces composés peut être émis également par :

- **xylènes** : peintures, vernis, colles, insecticides.
- **éthylbenzène** : peintures, vernis, colles de moquettes, pesticides.
- **benzène** : synthèse chimique d'hydrocarbures aromatiques substitués (éthylbenzène, phénol, cyclohexane...), produits de bricolage, d'ameublement, de construction et de décoration, fumée de cigarette, encens, bougies parfumées, désodorisant.
- **toluène** : produits d'entretien, solvant organiques, peintures, vernis, colles, encres, colle de moquettes, désodorisants, tapis.



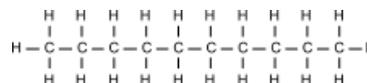
Autres hydrocarbures aromatiques :

- **Styrène** : matières plastiques, matériaux isolants.
- **1,2,4-triméthylbenzène et isomères** : intermédiaire de synthèse. Constituant de solvants pétroliers (white-spirit ordinaire, solvant naphta, solvants aromatiques, etc. ...) utilisés pour la formulation de diluants, peintures, vernis, encres, pesticides. Constituants de carburants et de goudrons.

Alcanes : Les alcanes sont des hydrocarbures constitués uniquement d'atomes de carbone (C) et d'hydrogène (H), liés entre eux par des liaisons simples.

Sources d'émissions

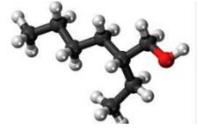
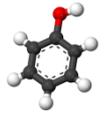
- **n-heptane et isomères** : solvant pour colles, encres, caoutchoucs et matières plastiques. Solvant d'extraction.
- **n-décane** : white spirit, colles pour sol, cires, vernis à bois, sol, moquettes, tapis, huile pour parquet, solvant.
- **n-undécane** : white-spirit, colles pour sol, cires, vernis à bois, nettoyeurs pour sol, moquettes, tapis, huile pour parquet, solvant.
- **méthylcyclohexane** : un solvant des éthers de cellulose (les éthers de cellulose étant utilisés pour contrôler la viscosité d'un milieu, en tant qu'épaississants ou bien gélifiants par exemple dans l'industrie alimentaire, dans l'industrie pharmaceutique, dans les peintures, les colles ou encore les cosmétiques).



Alcools

Un alcool est un composé organique dont l'un des carbones est lié à un groupement hydroxyle (-OH).

- **butanol** : solvant dans les industries des laques, peintures, vernis, encres et résines, solvant de nettoyage, produits dégraissants.
- **Phénol** : utilisé dans l'industrie des matières plastiques, pour la fabrication de plastifiants, d'adhésifs, de durcisseurs, de dissolvants, d'isolants.
- **2-éthylhexanol** : l'utilisation la plus répandue est la fabrication du diester bis(2-éthylhexyl) phtalate (DEHP), un plastifiant.



Acétates (esters)

- **n-butyl acétate** : solvant utilisé comme diluant pour peintures, encres d'imprimerie, colles, laques et vernis. Agent d'extraction dans l'industrie pharmaceutique. Solvant utilisé pour la fabrication de cuirs artificiels, plastiques, films photographiques. Arômes et parfums pour l'industrie alimentaire. Cosmétiques (dissolvant pour vernis à ongles..).

Ethers de glycols

- **2-phénoxyéthanol** : solvant pour peintures, vernis, laques, encres d'imprimerie, colorants. Biocide pour produits ménagers et industriels.
- **2-butoxyéthanol** : Solvant dans l'industrie des peintures, vernis, encres d'imprimerie et dans l'industrie cosmétique. Constituant de produits divers : dégraissant. Produits d'entretien ménager et industriels. Produits utilisés dans l'industrie mécanique et métallurgique (lubrifiants, dégraissants...). Produits phytosanitaires : fongicides, herbicides. Produits de traitement des bois.

Terpènes

- **alpha-pinène, limonène et autres terpènes** : désodorisant, parfum d'intérieur, produits d'entretien, bois.

ANNEXE 3

ESPECES DE MOISSURES IDENTIFIEES



Faculté de Médecine - DHREAS
 Monique GUILLASO
 Bât E - 3ème étage
 9, avenue de la Forêt de Haye BP 20199
 54505 Vandœuvre-Lès-Nancy Cedex
 03 72 74 61 95 monique.guillaso@univ-lorraine.fr

Prélèvements	Salon	Chambre enfants	Extérieur
Air	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Aspergillus versicolor</i> • <i>Cladosporium</i> sp. • <i>Eurotium herbarorium</i> • <i>Mucor</i> sp. • <i>Penicillium</i> sp. (dont <i>P. chrysogenum</i>) • Basidiomycète 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Cladosporium</i> sp. • <i>Eurotium herbarorium</i> • <i>Penicillium</i> sp. • Basidiomycète 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Aspergillus versicolor</i> • <i>Cladosporium</i> sp. • <i>Penicillium</i> sp. • Basidiomycète • Levures
Surfaces	<p><u>Mur extérieur salon</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Eurotium herbarorium</i> • <i>Penicillium</i> sp. (plusieurs espèces différentes) • Basidiomycète <p><u>Cadre de fenêtre salon</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Alternaria</i> sp. • <i>Cladosporium</i> sp. • <i>Eurotium herbarorium</i> • <i>Penicillium</i> sp. (plusieurs espèces différentes) <p><u>Grille cadre de fenêtre salon</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Alternaria</i> sp. • <i>Cladosporium</i> sp. • Basidiomycète 	<p><u>Mur extérieur chambre enfants</u></p> <p>Absence de croissance</p> <p><u>Cadre de fenêtre chambre enfants</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Cladosporium</i> sp. (nombreuses colonies) • <i>Penicillium</i> sp. <p><u>Grille cadre de fenêtre chambre enfants</u></p> <p>Absence de croissance</p>	<p><u>Blanc impacteur</u></p> <p>Absence de croissance</p>

Moissures allergènes reconnues : Les espèces d'*Aspergillus*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Rhodotulora*
 Moissures dont le pouvoir allergène est moindre ou variable selon les espèces : *Rhizopus*, Basidiomycète, *Fusarium*
 Moissures reconnues pour avoir un pouvoir infectieux : *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Rhizopus*, *Fusarium*, *Rhodotulora*