

## Caractérisation de la qualité de l'air intérieur d'une menuiserie à Lucey et d'un logement attenant.

## CONDITIONS DE DIFFUSION

---

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

- Les données produites par ATMO Grand Est sont accessibles à tous sous licence libre «**ODbL v1.0**».
- 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 et les guides méthodologiques nationaux.
- 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 : Aline LANGENFELD, Ingénieure d'études  
Relecture : Christelle SCHNEIDER, Ingénieure d'études  
Approbation : Bérénice JENNESON, Responsable de l'unité Surveillance et Etudes Réglementaires

Référence du modèle de rapport : SURV-FE-026\_5

Référence du projet : MSP-00845

Référence du rapport : SURV-EN-957\_1

Date de publication : 26/07/2023

### **ATMO Grand Est**

Espace Européen de l'Entreprise - 5 rue de Madrid - 67300 Schiltigheim

Tél : 03 69 24 73 73

Mail : [contact@atmo-grandest.eu](mailto:contact@atmo-grandest.eu)

## SOMMAIRE

RÉSUMÉ.....	4
INTRODUCTION .....	6
<b>1. DESCRIPTIF DU BATIMENT .....</b>	<b>7</b>
1.1. ETAT DES LIEUX DU CNIDEP ET SELECTION DES MENUISERIES.....	7
1.2. CARACTERISTIQUES DU BATIMENT ET ACTIVITES REALISEES.....	8
1.3. ACTIVITES ET PRATIQUES D'AERATION DANS LES PIECES.....	9
<b>2. DESCRIPTION DES CAMPAGNES DE MESURE .....</b>	<b>10</b>
2.1. PRODUITS UTILISES .....	11
2.2. PARAMETRES SUIVIS .....	12
2.3. TECHNIQUES DE MESURE.....	12
2.3.1. Température et humidité relative .....	12
2.3.2. Le dioxyde de carbone.....	13
2.3.3. Tubes à diffusion passive .....	13
2.3.4. Les microvols .....	14
2.3.5. L'analyseur NEMo.....	14
2.3.6. La balise Fireflies.....	14
2.3.7. Le pDR-1500.....	14
2.4. SITES ET STRATEGIE D'ECHANTILLONAGE.....	15
<b>3. STRATEGIE DE COMPARAISON .....</b>	<b>20</b>
3.1. VALEURS DE REFERENCE .....	20
3.1.1. Les paramètres de confort.....	20
3.1.2. Le dioxyde de carbone.....	20
3.1.3. Le benzène et le formaldéhyde .....	20
3.1.4. Les autres composés organiques volatils .....	22
3.1.5. Les PM2,5.....	22
3.2. VALEURS LIMITES D'EXPOSITION PROFESSIONNELLES.....	23
3.3. DONNEES COMPARATIVES .....	24

3.4.	TRANSFERT DE POLLUTION.....	27
4.	RESULTATS.....	27
4.1.	PARAMETRES DE CONFORT ET DE CONFINEMENT .....	27
4.1.1.	Température et humidité relative : .....	27
4.2.	LE BENZENE ET LES COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS .....	31
4.3.	LE FORMALDEHYDE ET LES ALDEHYDES .....	39
4.4.	LES PM2,5 .....	41
	CONCLUSION.....	43

## RÉSUMÉ

---

Dans le cadre de l'action 7.4 du projet de Plan Régional Santé Environnement (PRSE 3) « Evaluer la qualité de l'air intérieur chez les riverains d'activités artisanales et promouvoir les solutions de remédiation », et en partenariat avec le CNIDEP (service de la Chambre de Métiers et de l'Artisanat de Meurthe-Moselle dédié à l'environnement) une étude de la qualité de l'air a été effectuée dans une menuiserie. L'objectif est de déterminer les niveaux pouvant être rencontrés dans les espaces d'occupation attenants (habitation et bureaux) et la présence d'un éventuel transfert de pollution provenant des ateliers vers ces espaces. Un second objectif a consisté à déterminer si l'emploi de produits moins émissifs en seconde période de mesure a pu permettre une amélioration de la qualité de l'air.

**Deux campagnes de mesures** ont été effectuées aux dates suivantes :

- Du 12/12/2022 au 16/12/2022, correspondant à l'état des lieux, dite phase 1 avant substitution.
- Du 13/03/2023 au 17/03/2023, correspondant à la phase 2 après substitution.

Pour cette étude, 4 sites ont été instrumentés ; un dans la menuiserie (menuiserie 1), trois dans la partie habitat (habitation 1 : buanderie ; habitation 2 : pièce de vie ; habitation 3 : chambre).

L'activité de la menuiserie consiste à effectuer le découpage, l'assemblage et la finition des ouvrages en bois principalement de type hevea et d'appliquer du mastic, du vernis ou de la peinture sur la pièce, de poser de la colle, de poncer voire de décaper. Dans son activité, la menuiserie peut utiliser différents produits (vernis, vitrificateur, peinture, colle...). Selon les informations récoltées, lors de la première phase (décembre 2022), une peinture en phase aqueuse ainsi qu'une colle vinylique ont été appliquées. Lors de la seconde phase (mars 2023), une peinture biosourcée ainsi qu'une colle à base néoprène ont été utilisées.

En ce qui concerne les résultats obtenus pour les paramètres de confort, **des températures et des taux d'humidité faibles en phase 1** (décembre) et plus élevés en phase 2 (mars) sont observés dans les différents espaces. Ces éléments peuvent engendrer des sensations d'inconfort et de sécheresse de l'air.

La menuiserie et la buanderie installée dans la partie habitation présentent des **niveaux de CO<sub>2</sub>** (dioxyde de carbone) **plus importants en phase 1**, en lien avec la présence de deux personnes pendant la période de mesure contrairement à la phase 2 avec la présence uniquement du menuisier.

**Pour plusieurs polluants** (benzène, toluène, acétone), **les niveaux sont plus importants lors de la première phase de mesure**. De fortes concentrations en divers composés essentiellement de la famille des terpènes (limonène,  $\alpha$ -pinène, 3-carène) et des hydrocarbures (dodécane, les xylènes, l'éthyl-benzène...) sont observés dans les pièces instrumentées. Ces différents composés sont générés dans la menuiserie en lien avec les activités s'y déroulant (peinture et autres activités) mais des sources internes dans les pièces d'habitation sont également présentes notamment pour le limonène. Pour le formaldéhyde, une augmentation des valeurs lors de la phase 2 est observée.

Certains polluants mesurés tels que les **aldéhydes** (héxaldéhyde, acétaldéhyde, propionaldéhyde, butyraldéhyde et valéraldéhyde) **et quelques composés organiques volatils présentent des valeurs faibles** et comparables à ce qu'il avait été observé lors des campagnes de mesures dans une menuiserie en 2019.

**Des concentrations en PM 2,5 élevées** ont été observées **lors de la phase 1** en lien avec l'arrêt de l'extracteur à particules. Ces concentrations dépassent la valeur repère fixée par le Haut Conseil de Santé Public (14  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dans les 2 pièces instrumentées (menuiserie et habitation 1) et lors de la phase 2 uniquement dans la menuiserie.

Les données dynamiques obtenues pour les COV totaux, le formaldéhyde et les particules fines PM<sub>2,5</sub> dans la menuiserie et la partie habitation 1 (buanderie) mettent en évidence des concentrations parfois importantes

dans ces espaces. Certains pics sont bien corrélés avec des activités de la menuiserie (application de peintures, ponçage, découpage) y compris en phase 2 dite de substitution des produits.

**Par rapport à la réglementation**, la concentration moyenne de benzène calculé sur les deux phases de mesure, présentée en annexe à titre indicatif, respecte dans les pièces d'habitation la valeur guide en air intérieur ( $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) mais la dépasse dans la menuiserie. Pour la valeur fixée pour le formaldéhyde ( $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), présentée à titre indicatif, elle est respectée dans les pièces d'habitation également mais dépassée dans la menuiserie. En revanche, les valeurs limites sont respectées ( $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour le benzène et  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour le formaldéhyde) sur les deux phases.

Les valeurs obtenues dans la menuiserie ne peuvent pas être directement comparées aux valeurs limites d'exposition qui doivent être mesurées sur 8 heures au niveau du poste de travail. A titre indicatif, les concentrations mesurées dans la menuiserie restent cependant inférieures à ces valeurs.

Ces résultats mettent en évidence un impact des activités réalisées dans la menuiserie sur la qualité de l'air intérieur des espaces habitation mais certaines teneurs de polluants peuvent également être influencées par la présence de produits à fort potentiel émissif notamment dans la buanderie. De ce fait, il est conseillé de mettre en place dans ces espaces une aération plus efficace.

Entre les deux phases de mesures, une amélioration de la qualité de l'air est constatée pour la majorité des composés mesurés excepté pour les COV avec une forte concentration en limonène lors de la phase 2 dans les pièces d'habitation.

Au vu des résultats obtenus, il apparaît nécessaire de poursuivre la sensibilisation des professionnels afin de limiter l'impact de leur activité sur la qualité de l'air.

## INTRODUCTION

---

Dans son Programme Régional de Surveillance de la Qualité de l'Air 2017-2023 (PRSQA), ATMO Grand Est, association agréée pour la surveillance et l'étude de la pollution atmosphérique sur la Région Grand Est, décrit la mise en œuvre de la stratégie régionale de surveillance de la qualité de l'air intérieur.

Un des axes de cette stratégie vise notamment, pour l'air intérieur, à coupler l'évaluation des concentrations en air intérieur avec l'évaluation de l'origine des pollutions constatées. Le bâtiment, à travers sa conception (matériaux, isolation, renouvellement de l'air, système de ventilation, ameublement, services) peut en effet influencer notablement la qualité de l'air intérieur.

L'action 7.4 du plan régional santé environnement (PRSE) 3 « Evaluer la qualité de l'air intérieur chez les riverains d'activités artisanales et promouvoir les solutions de remédiation », a pour objectif à la fois de réduire le risque chimique dans l'artisanat et de rechercher des solutions pour réduire l'impact d'un éventuel transfert de pollution chez les riverains. En effet, de nombreux cas de nuisances olfactives et de pollutions riveraines ont été identifiées pour différents types d'activités artisanales tels que les ongleries, les imprimeries, les pressings, les parfumeries, les garages et les menuiseries.... Pour cette étude, ATMO Grand Est, en partenariat avec le centre de ressources de la Chambre de Métiers et de l'Artisanat de Région Grand Est (CNIDEP), avec le soutien de la DREAL (Direction Régionale de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement) et dans le cadre du PRSE 3, a réalisé des campagnes de la qualité de l'air intérieur d'une menuiserie préalablement sélectionnée.

L'objectif de cette étude est d'améliorer les connaissances des acteurs sur les liens entre les activités effectuées dans la menuiserie et les polluants pouvant engendrer un impact au sein des populations riveraines. Il s'agit notamment de connaître les niveaux d'exposition du grand public en lien avec les activités et d'identifier les situations potentielles de transfert des pollutions. Un second objectif concerne l'évaluation de la mise en œuvre des solutions de remédiations proposées, qui consistent dans le cas de cette étude à substituer des produits habituellement employés par d'autres moins émissifs.

Pour ce faire, des mesures de la qualité de l'air ont été effectuées au niveau de la menuiserie et de l'habitation attenante afin d'évaluer le transfert entre l'espace de l'activité et les zones d'occupation.

Un descriptif des bâtiments concernés 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 lors des différentes campagnes.

## 1. DESCRIPTIF DU BATIMENT

---

### 1.1. ETAT DES LIEUX DU CNIDEP ET SELECTION DES MENUISERIES

La Chambre Régionale de Métiers et de l'Artisanat GRAND EST (CMA Grand Est) accompagne les artisans dans l'amélioration de leurs pratiques au regard de l'environnement. L'artisanat recouvre 250 métiers, dont beaucoup utilisent des produits chimiques dans le cadre de leurs activités de fabrication, de transformation, de réparation et/ou de prestation de services.

La CMA Grand Est, grâce à son centre de ressource et d'expertise (CNIDEP), a ainsi participé au Projet Régional Santé Environnement 3, afin de fournir des alternatives moins nocives pour l'environnement et la santé en termes de produits chimiques aux professionnels. Pour son troisième projet de maîtrise du risque chimique dans l'artisanat, le CNIDEP s'est donc adressé au métier de la menuiserie bois.

Ce projet s'articule en 3 volets : un volet de recensement et de hiérarchisation des produits selon leur dangerosité via une démarche élaborée par le CNIDEP, un volet de recrutement et de sensibilisation des entreprises, et un volet de substitution de produits, où les entreprises testent des produits fournis.

Ainsi, le volet 1 fait état de 36 sous-catégories de produits utilisés dans les menuiseries bois, pour 258 produits recensés dans ces entreprises et au cours de recherches. Ce recensement comprend les produits « classiques », généralement utilisés par les professionnels, et des produits « alternatifs », réputés moins nocifs pour la santé et l'environnement, disponibles sur le marché. Quelques menuiseries utilisent déjà des produits alternatifs, parfois sans le savoir. L'analyse de 243 de ces produits a permis de les hiérarchiser selon leurs risques chimiques et de mettre en avant 15 sous-catégories de produits les plus problématiques. En éliminant les sous-catégories trop spécifiques ou sans produit alternatif identifié, il reste 6 sous-catégories problématiques sur lesquelles travailler : les colles contact, les colles polyuréthanes, les nettoyeurs (outils, surfaces, mixtes) et les huiles. S'ajoutent à cela peintures et vernis en phase aqueuse, produits les plus courants retrouvés en menuiserie. Les produits alternatifs les moins nocifs de ces sous-catégories ont été sélectionnés et demandés aux fournisseurs afin de pouvoir les faire tester lors du volet 3.

Le volet 2 de sensibilisation comprend la communication au démarrage du projet et après sa clôture (mailing, webinaire, sessions de sensibilisation des artisans et des apprentis), une sensibilisation de 18 entreprises des secteurs concernés via un questionnaire de pré-diagnostic risques rappelant les obligations réglementaires et les bonnes pratiques, ainsi que l'étude de qualité de l'air intérieur réalisée par ATMO Grand Est dans une menuiserie. La synthèse des réponses au pré-diagnostic risques permet d'avoir une vue globale des problématiques santé-environnement dans ces secteurs et du chemin qu'il reste à parcourir, bien que cet échantillon ne soit pas statistiquement représentatif. Ainsi, les pratiques sont encore à améliorer sur toutes les thématiques, parfois dû à un manque de connaissances, et les barrières comme l'organisation de l'atelier, les habitudes et les coûts doivent être dépassées.

Enfin, le volet 3 a mobilisé 9 menuiseries qui ont testé 18 produits alternatifs, produits identifiés lors du volet 1 et envoyés gratuitement par les fabricants ou distributeurs. Ces tests ont fait l'objet d'une évaluation menée par le CNIDEP selon six critères (efficacité, praticité, impact sur la santé, l'environnement, risques incendies/physiques, et coûts), grâce aux retours des artisans et aux analyses de risques des produits. Ces résultats sont synthétisés dans des « fiches produits ». Si ces produits alternatifs n'ont pas tous convaincus les professionnels, certains se sont montrés au moins aussi efficaces, tout en étant abordables voire compétitifs.



Parmi les 9 menuiseries citées, une d'entre elle a été sélectionnée en raison de la présence de la partie habitation et d'une partie bureau contiguë à l'atelier. Ainsi, deux campagnes ont été réalisées en 2021. Entre les 2 campagnes de mesures, une substitution des produits habituellement utilisés par des produits moins émissifs a été mis en place. Cette première étude fait l'objet d'un précédent rapport (SURV-EN-593).

Cette étude a été renouvelée en 2022/2023 avec la sélection d'une autre menuiserie ayant déjà commencé la substitution de produits. Deux campagnes ont été réalisées également (décembre 2022 et mars 2023). Entre les 2 campagnes de mesures, une substitution de plusieurs produits utilisés a été effectuée ainsi que la mise en route d'un extracteur de poussières. Les résultats sont présentés dans le rapport ci-présent.

## 1.2. CARACTERISTIQUES DU BATIMENT ET ACTIVITES REALISEES

La menuiserie est implantée en milieu rural. Des activités agricoles sont présentes à proximité.

La menuiserie se situe dans le garage de l'habitation du menuisier. On note la présence d'un poêle turbo à double combustion dans la menuiserie. L'aération naturelle s'effectue par l'ouverture de la porte de garage. L'habitation est équipée d'un système de VMC double flux.

Différents produits en lien avec l'activité typique d'une menuiserie sont stockés dans la menuiserie ou dans la buanderie (pièce vers l'habitation). La menuiserie est équipée d'un système d'aspiration de particules relié à la ponceuse.

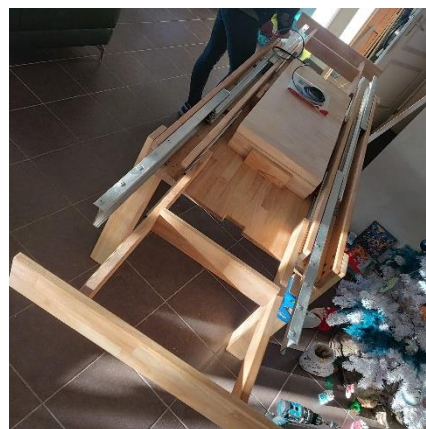
*Figure 1 : Plan de situation générale de la menuiserie*



### 1.3. ACTIVITES ET PRATIQUES D'AERATION DANS LES PIECES

#### Description de l'activité de la menuiserie :

L'activité de la menuiserie consiste à réaliser des ouvrages de décorations, d'aménagement intérieur notamment des étagères, des escaliers ou des pergolas en bois massif de type hevea. Originaire de la forêt amazonienne et provenant dorénavant des plantations du sud-est asiatique et d'Afrique, l'hévéa est un bois exotique à la fois dur et résistant.



Les différentes activités peuvent être :

- Découpage de bois.
- Encollage à froid.
- Ponçage, décapage.
- Application de mastic, de vernis, de la peinture, de vitrificateur au rouleau.
- Assemblage



Concernant la menuiserie suivie dans le cadre de cette étude, ces activités peuvent être réalisées tous les jours de 6h à 12h00 et de 13h30 à 18h du lundi au vendredi.

### Informations complémentaires spécifiques à la campagne de décembre 2022 :

Durant la semaine de mesure, le chauffage était en fonctionnement. Le chauffage est assuré par un poêle turbo double combustion. La menuiserie étant située dans le garage de l'habitation, la porte du garage a été ouverte durant quelques minutes par jour (données disponibles dans le questionnaire de la campagne). 1 à 2 personnes étaient présentes dans la menuiserie lors de cette campagne de mesure.

Au niveau des activités pouvant impacter les teneurs en polluants, ont été effectuées de l'assemblage, de la peinture (marque JEFECO), du collage (colle polyuréthane), du ponçage, de la découpe circulaire, de l'usinage toupie et de la finition grâce au RUBIO.

Dans l'habitation, aucun produit spécifique n'a été utilisé, ni nettoyage réalisé et la fréquence d'aération des pièces n'a pas été précisée dans les questionnaires distribués.



Figure 2 : Poêle turbo double combustion

### Informations complémentaires spécifiques à la campagne de mars 2023 :

Durant la semaine de mesure, le chauffage était en fonctionnement. La porte du garage a été ouverte durant quelques minutes par jour (données disponibles dans le questionnaire de la campagne). 1 personne était présente dans la menuiserie lors de cette campagne de mesure.

Au niveau des activités pouvant impacter les teneurs en polluants, ont été effectuées de l'assemblage à l'aide de colle vinylique, du ponçage, de la découpe, du vernis, de la peinture (marque ALGO), de l'usinage ainsi que de la coupe plexi. De la vitrification a également été effectuée dans le salon.

L'extracteur à particules a été mis en route lors de cette campagne.

Dans l'habitation, aucun produit spécifique n'a été utilisé, ni nettoyage réalisé et la fréquence d'aération des pièces n'a pas été précisée dans les questionnaires distribués.



Figure 3 : Système d'aspiration de particules

## **2. DESCRIPTION DES CAMPAGNES DE MESURE**

---

Afin d'identifier les polluants spécifiques pouvant être émis dans la menuiserie, un travail de recensement des produits utilisés dans la menuiserie et une recherche bibliographique ont été réalisés en prenant notamment en compte les composés CMR (cancérogène, mutagène et reprotoxique) pouvant être présents dans les produits.

## 2.1. PRODUITS UTILISES

Dans son activité, la menuiserie utilise principalement les produits suivants (cf. tableau ci-dessous).

**Tableau 1 : Type de produits utilisés et molécules répertoriées.**

Catégorie	Nom	Utilisation lors de la campagne 1 ou 2	Composés à risque
Peinture	JEFCO Elyte <sup>1</sup>	1	Dioxyde de titane, triméthylolpropane, BIT, pyrithione zincique, C(M)IT/MIT
	ALGO PRO biosourcé <sup>2</sup>	2	
Vitrificateur	Rubio monocoat <sup>3</sup>	1	Hydrocarbures alcanes
	BLANCHON gamme Oceanic <sup>4</sup>	2	1.2-benzisothiazol-3(2H)-one, 5-chloro-2-methyl-2H-isothiazol-3-one, 2-methyl-2h-isothiazol-3-one
Huile	Rubio monocoat Oil Plus 2C <sup>5</sup>	1	
Colle	WURTH néoprène <sup>6</sup>	1	Acétate d'éthyle, alcanes, butanone, colophane
	FOUSSIER Techpro vinylique <sup>7</sup>	2	

Durant la première campagne, la menuiserie a utilisé une peinture de la marque Jefco qui est étiquetée A+. D'après la fiche de données de sécurité, 5 composants sont à risque. Cette peinture est classée comme nocive pour les organismes aquatiques. Il y a eu utilisation de colle à base néoprène de la marque Wurth non écologique. Cette colle est classée comme inflammable, provoquant des irritations cutanées et des yeux, pouvant provoquer somnolence ou vertiges ainsi que toxique pour les organismes aquatiques. D'après la fiche de données de sécurité, 5 composants sont à risque. Pour finir, la menuiserie a utilisé l'huile Rubio monocoat Oil Plus 2C (aucun composant à risque) et le vitrificateur Rubio monocoat (un composant à risque).

Lors de la seconde phase, la menuiserie a utilisé une peinture de la marque Algo pro qui est une peinture biosourcée à base d'algues. D'après la fiche de données de sécurité, elle ne contient aucun composant à risque. Elle est étiquetée A+. Il y a eu utilisation de colle à base vinylique de la marque Foussier Techpro étiquetée A+. D'après la fiche de données de sécurité, 2 composants sont à risque. Il y a eu utilisation de vitrificateur BLANCHON gamme Oceanic. D'après la fiche de données de sécurité, 2 composants sont à risque.

<sup>1</sup> <http://www.jefco.fr/fr/catalogue/f1-1-peintures-interieures/f2-8-mats/id-71-elyte-mat>

<sup>2</sup> <https://www.theodoremaisondepeinture.fr/documents/Media/LibraryDocument/fiche-de-scurit-algo-velours-124.pdf>

<sup>3</sup> <https://static.foussier.fr/document/fds/FDS-0000000135.pdf>

<sup>4</sup> <https://www.blanchon.com/professionnels/vitrificateur-parquet-oceanic-air-protect.html>

<sup>5</sup> <https://static.foussier.fr/document/fds/FDS-0000000138.PDF>

<sup>6</sup> <https://eshop.wurth.fr/Colle-neoprene-gel-Colle-neoprene-gel-5-l/089009905.sku/fr/FR/EUR/>

<sup>7</sup> <https://static.foussier.fr/document/fds/FDS-0000001260.pdf>

## 2.2. PARAMETRES SUIVIS

Les paramètres et polluants mesurés et sélectionnés dans le cadre de cette étude sont :

- **Les paramètres de confort** (température et humidité).
- **Le paramètre de confinement** : dioxyde de carbone CO<sub>2</sub>.
- Certains **composés organiques volatils**. Il s'agit des BTEX (benzène - toluène - éthylbenzène - les xylènes) et les aldéhydes dont le formaldéhyde, que l'on retrouve dans les produits chimiques du fait de leur pouvoir solvant ou de conservation. L'éthylbutylether (ETBE), le dichlorométhane, le n-hexane, le trichloroéthylène, le styrène, le 2-(2-methoxyethoxy) éthanol et le naphtalène ont également été mesurés. Une analyse complémentaire pour l'acétate de butyle, l'acétate d'éthyle et l'acétone a également été réalisée.
- La méthode d'analyse a permis également de déterminer en complément les **5 composés organiques volatils majoritaires** au niveau de chaque point de prélèvement (menuiserie comme habitat).
- **Les particules fines PM2,5** qui peuvent résulter des opérations de ponçage.
- Des mesures dynamiques des composés organiques volatils totaux, de formaldéhyde et de particules fines PM2,5 ont été également réalisées pour un suivi temporel de l'évolution des niveaux.

## 2.3. TECHNIQUES DE MESURE

### 2.3.1. Température et humidité relative



**Figure 4 :** Sonde EBRO/EBI

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.

### 2.3.2. Le dioxyde de carbone



Les teneurs en **dioxyde de carbone** ont été mesurées par un capteur **Class'Air**, toutes les 10 minutes.

Figure 5 : Capteur Class'Air

### 2.3.3. Tubes à diffusion passive

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

- ✓ **Les composés organiques volatils** (Benzène – Toluène – Ethylbenzène – les Xylènes, L'éthylbutylether (ETBE), le dichlorométhane, le n-hexane, le trichloroéthylène, le styrène, le 2-(2-methoxyethoxy) éthanol et le naphthalène...)
- ✓ **Les aldéhydes** (formaldéhyde, acétaldéhyde, hexaldéhyde, propionaldéhyde, butyraldéhyde, benzaldéhyde, valéraldéhyde).



Les tubes passifs de type « Radiello » permettant la mesure des COV et des aldéhydes sont constitués de 2 tubes cylindriques concentriques (**Figure 6**) : 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.

Figure 6 : Tubes passifs Radiello

La quantité de molécules piégées dans la cartouche est proportionnelle aux concentrations moyennes dans l'environnement durant l'exposition du tube.

Dans la pièce à investiguer, le tube passif est suspendu à l'horizontal et ceci pour une durée de 4,5 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 en 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  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ont été déterminées par analyse différée des échantillons en laboratoires.

- Le laboratoire interrégional de chimie 'SYNAIRGIE' situé à Schiltigheim par chromatographie liquide haute performance (HPLC) avec détection par absorption pour les aldéhydes.
- Le laboratoire TERA Environnement pour l'analyse des composés organiques volatils et la recherche des 5 composés majoritaires selon une technique analytique spécifique préconisée pour les

concentrations élevées et le laboratoire interrégional de chimie 'SYNAIRGIE' pour l'analyse complémentaire de certains COV présents en concentrations plus faibles (NF EN ISO 16017-2).

#### 2.3.4. Les microvols



**Figure 7 :**  
Microvol

Le préleveur bas débit Microvol (PM2,5) permet le prélèvement automatique sur un filtre des particules. L'air est aspiré à travers une tête de prélèvement spécifique à la fraction recherchée, à l'aide d'une pompe et d'un débitmètre. Les particules de diamètre supérieur à la fraction recherchée sont impactées sur de la graisse de silicone et sont donc éliminées. Les particules restantes suivent le flux d'air pour être collectées sur le filtre. Le débit de fonctionnement était de 3L/min lors de la campagne. Les filtres ont été pesés en laboratoire pour la quantification massique des particules par le laboratoire Micropolluant.

#### 2.3.5. L'analyseur NEMo



**Figure 8 :**  
Analyseur  
NEMo

L'analyseur NEMo commercialisé par Ethera est un boîtier de mesure du taux de formaldéhyde en continu. Les mesures effectuées par cette balise ne correspondent pas à une méthode de mesure normalisée, plus précise et spécifique, mais permettent de visualiser la dynamique des concentrations intérieures au cours d'une journée ou d'une semaine. Ceci permet la mise en évidence de liens éventuels entre les paramètres mesurés (non visibles avec les mesures habituelles) et par conséquent une meilleure gestion de la qualité de l'air en apportant des préconisations adaptées à la situation.

#### 2.3.6. La balise Fireflies



**Figure 9 :** Balise Fireflies

La station Fireflies®Q.E.I commercialisée par Azimut Monitoring est un boîtier multicateur de mesure des COV en continu. Les mesures effectuées par cette balise ne correspondent pas à une méthode de mesure normalisée, plus précise et spécifique, mais permettent de visualiser la dynamique des concentrations intérieures au cours d'une journée ou d'une semaine. Ceci permet la mise en évidence de liens éventuels entre les paramètres mesurés (non visibles avec les mesures habituelles) et par conséquent une meilleure gestion de la qualité de l'air en apportant des préconisations adaptées à la situation.

#### 2.3.7. Le pDR-1500










**Figure 10 :** 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.

Pour résumer :

**Tableau 2 : Composés mesurés, laboratoires d'analyse et dispositifs de mesures.**

Composés/Paramètres		Mesures passives/actives	Laboratoires d'analyse	Mesures dynamiques
Composés chimiques	BTEX		Synaïrgie	
	COV		Tera Environnement	
	Aldéhydes		Synaïrgie	 Formaldéhyde
	COV Totaux			
Composés particulaires	PM2,5		Micropolluants	
Paramètres de confort	Température et humidité relative			
Paramètre de confinement	CO <sub>2</sub>			

#### 2.4. SITES ET STRATEGIE D'ECHANTILLONAGE

La menuiserie étant un garage d'habitation, un seul point a été instrumenté (dénommé « menuiserie 1 »).

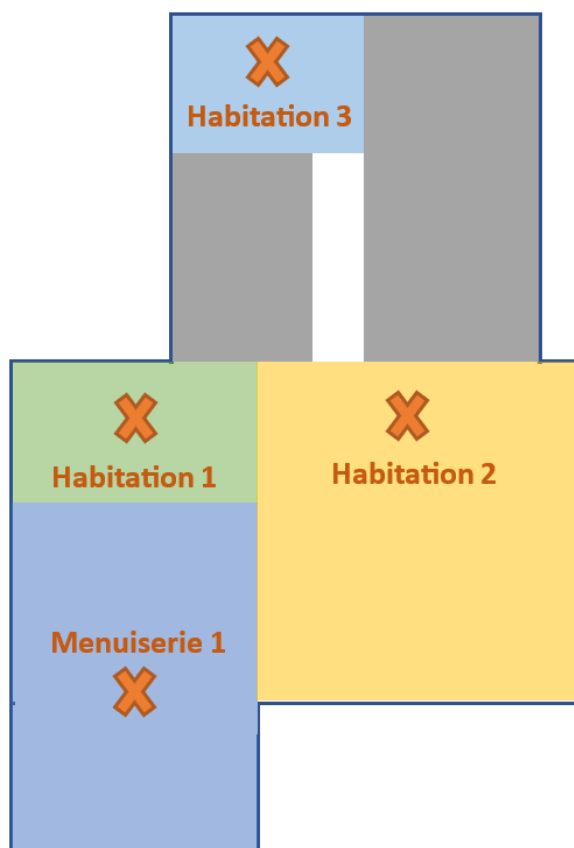
Dans l'habitat, trois sites ont été instrumentés : dans une buanderie permettant le passage de la menuiserie vers l'habitation (dénommé « habitation 1 »), lieu de stockage des produits, dans la pièce de vie (dénommée « habitation 2 ») et dans une chambre (dénommée « habitation 3 »). La chambre est une pièce servant à entreposer les meubles confectionnés par le menuisier.



Un point a été instrumenté à l'**extérieur** (sur un lampadaire en face de la menuiserie).

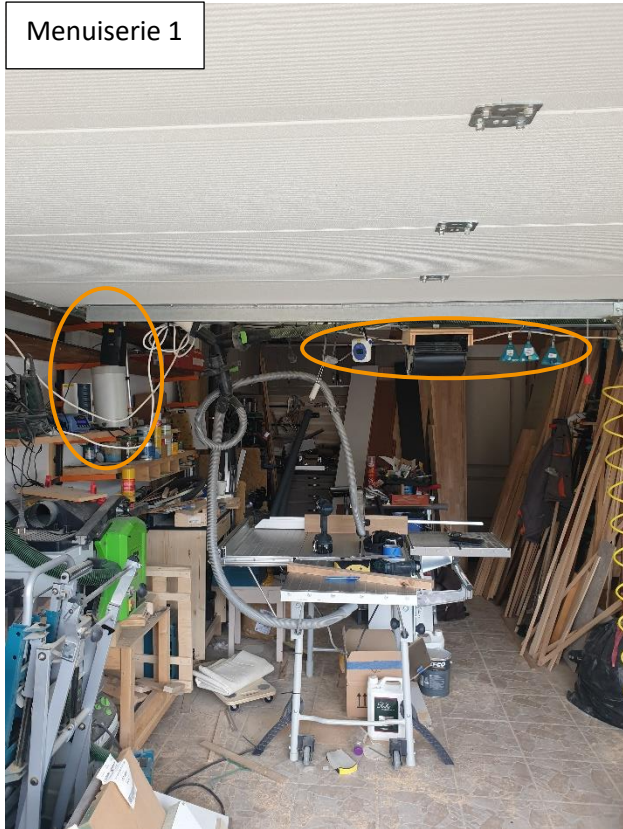
L'ensemble des sites ont été instrumentés pour la mesure des COV. Notons que des appareils de mesures dynamiques qui permettent la mesure en continu des composés organiques volatils (balise Fireflies), le formaldéhyde (NEMo), les particules fines PM<sub>2,5</sub> (PDR), ont été mis en place dans la pièce d'habitation 1 (buanderie de passage entre atelier et habitation) et dans l'atelier.

**Figure 11** : Plan des sites instrumentés.

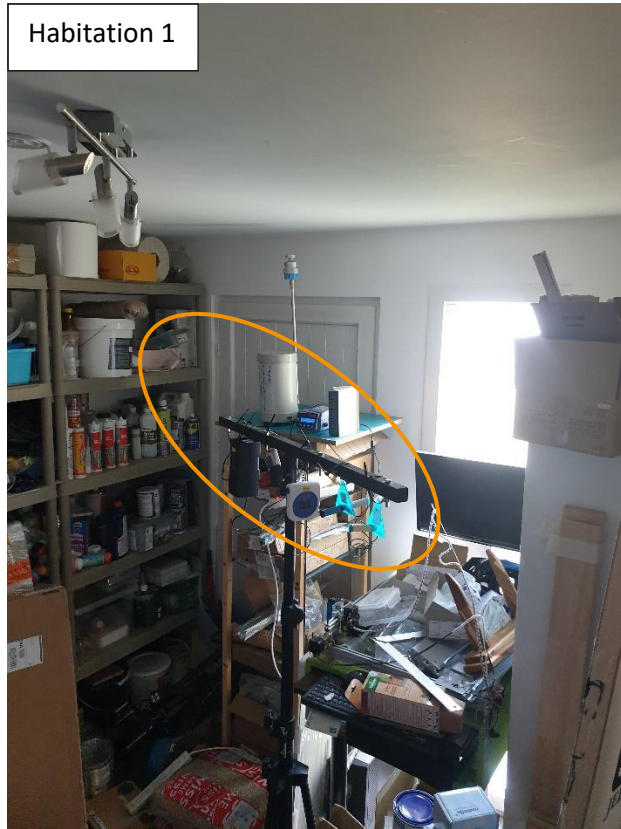


**Figure 12** : Photos des sites instrumentés lors des campagnes de mesures.

Menuiserie 1



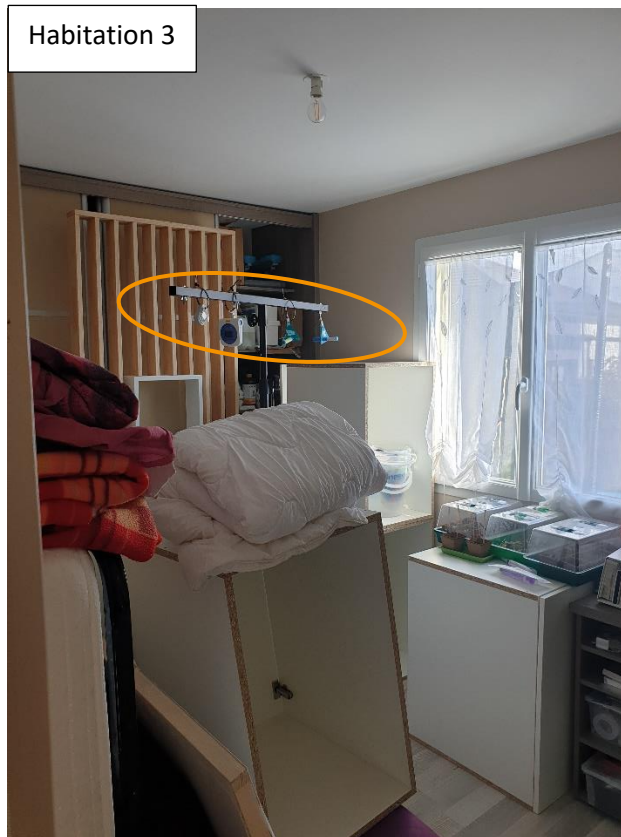
Habitation 1



Habitation 2



Habitation 3



Le **Tableau 3** : *Composés mesurés et sites de mesures* suivant, présente les composés mesurés ainsi que les systèmes de mesures par sites instrumentés.

Pièces	Composés	Menuiserie	Habitation 1 buanderie	Habitation 2 pièce de vie	Habitation 3 chambre	Extérieur
Composés chimiques	BTEX dont benzène	TP	TP	TP	TP	TP
	ETBE	TP	TP	TP	TP	TP
	Hexane	TP	TP	TP	TP	TP
	Styrène	TP	TP	TP	TP	TP
	Acétate de butyle	TP	TP	TP	TP	TP
	Acétate d'éthyle	TP	TP	TP	TP	TP
	Acétone	TP	TP	TP	TP	TP
	2-2-(methoxyethoxy) Ethanol	TP	TP	TP	TP	TP
	Trichloroéthylène	TP	TP	TP	TP	TP
	Naphtalène	TP	TP	TP	TP	TP
	5 COV majoritaires	TP	TP	TP	TP	TP
	Aldéhydes	TP	TP	TP	TP	
	Formaldéhyde	N	N			
	COV Totaux Eq et formaldéhyde benzène	Azi	Azi			
Composés particuliers	PM2,5	µvol et PDR	µvol et PDR			
Paramètres de confort	Température	EBI	EBI	EBI	EBI	EBI
	Humidité relative	EBI	EBI	EBI	EBI	EBI
Paramètre de confinement	CO <sub>2</sub>	Class'air	Class'air	Class'air	Class'air	

**Tableau 3** : *Composés mesurés et sites de mesures*

Pour cette étude, deux campagnes de mesures ont été réalisées, « avant » en situation normale, et « après » la substitution des produits :

**Tableau 4 : Dates de réalisation des campagnes de mesures.**

Périodes	Dates campagnes
Avant	12/12/2022 au 16/12/2022
Après	13/03/2023 au 17/03/2023

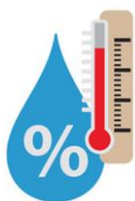
Pour pouvoir se référer à des valeurs guides long terme, il est recommandé d'effectuer deux séries de prélèvements, chacune dans des **conditions climatiques contrastées**, et en période d'occupation normale (exposition réelle des personnes). La moyenne des deux séries de prélèvements permet d'approcher un état annuel de la qualité de l'air en prenant en compte les variabilités temporelles des concentrations de polluants dans l'air. **Dans le cadre de notre étude, les périodes de mesures ne sont pas climatiquement assez contrastées pour que le calcul de la moyenne annuelle soit pertinent. Elles sont cependant présentées à titre indicatif en annexe.**

### 3. STRATEGIE DE COMPARAISON

Soulignons que la comparaison par rapport aux valeurs de référence sera effectuée dans le présent rapport par rapport aux valeurs long terme décrites ci-dessous pour les bureaux/espaces d'accueil du public/logement. En ce qui concerne les ateliers, les VLEP (Valeur limite d'exposition) sont présentées à titre informatif mais aucune comparaison directe avec les concentrations mesurées ne pourra être effectuée. En effet, les techniques de mesures utilisées correspondent à une exposition long terme et non à une caractérisation de l'exposition des travailleurs. Dans ce cas, il s'agit de VLEP (valeur limite d'exposition) sur 8 heures alors que les prélèvements effectués dans le cadre de cette étude ont été réalisés sur 4,5 jours. Par ailleurs, pour les VLEP, les mesures d'exposition sont à réaliser au niveau du poste de travail.

#### 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**<sup>8</sup> 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 CO<sub>2</sub> avec une tolérance jusqu'à 1 300 ppm. On considère que le confinement est élevé à partir de 1700 ppm.

##### 3.1.3. 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° 2022-1689<sup>10</sup> et le décret n° 2022-1690<sup>11</sup>. 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 (**Tableau 5**).

<sup>8</sup> R. Fauconnier, Diagramme des plages de confort température-humidité - article « L'action de l'humidité de l'air sur la santé dans les bâtiments tertiaires » - numéro 10/1992 de la revue Chauffage Ventilation Conditionnement - 1992.

<sup>9</sup> L'Habitat « Un air sain chez soi » Ademe, Edition : mai 2015.

<sup>10</sup> Décret n° 2022-1689 du 27 décembre 2022 modifiant le code de l'environnement en matière de surveillance de la qualité de l'air intérieur

<sup>11</sup> Décret n° 2022-1690 du 27 décembre 2022 modifiant le décret n° 2012-14 du 5 janvier 2012 relatif à l'évaluation des moyens d'aération et à la mesure des polluants effectuées au titre de la surveillance de la qualité de l'air intérieur de certains établissements recevant du public

A la demande des ministères chargés de la santé et de l'écologie, le Haut conseil de la santé publique (HCSP) élabore ensuite des valeurs repère d'aide à la gestion de la qualité de l'air intérieur, en tenant compte à la fois des VGAI définies par l'Anses et d'autres paramètres (méthodes de mesures disponibles, considérations pratiques, réglementaires, économiques et sociologiques, etc.). Le HCSP établit deux types de valeurs pour aider les décideurs publics à gérer des situations à risque sanitaire :

- Valeur repère pour l'air intérieur (VRAI) : généralement, différentes valeurs sont fixées pour la VRAI par échéances temporelles, jusqu'à atteindre la VGAI de l'Anses.
- Valeur d'action rapide (VAR) : elle correspond à un niveau de concentration tel que des travaux et actions d'amélioration sont nécessaires à court terme du fait d'un dépassement important de la VRAI.

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 5 : Valeurs réglementaires relatives au benzène et au formaldéhyde**

Synthèse des différentes valeurs réglementaires		
	Valeur guide pour une exposition long terme	Valeur limite
Formaldéhyde	30 µg/m <sup>3</sup>	100 µg/m <sup>3</sup>
Benzène	2 µg/m <sup>3</sup> Depuis le 1 <sup>er</sup> janvier 2016	10 µg/m <sup>3</sup>

Dans l'air ambiant, le benzène fait l'objet d'un seuil à ne pas dépasser, fixé par le code de l'environnement – article R221-1 : la valeur limite annuelle est de 5 µg/m<sup>3</sup> pour 2010.

En février 2018, l'ANSES<sup>12</sup> a proposé une valeur guide court terme de 100 µg/m<sup>3</sup> pour le formaldéhyde, validée par des mesures de 1h à 4h successives sur la journée. Dans le cas où, les mesures sont effectuées sur un pas de temps plus long de 4,5 à 7 jours, le Haut Conseil de Santé Publique (HCSP<sup>13</sup>) propose cependant de retenir une valeur de gestion provisoire à 30 µg/m<sup>3</sup>. Par rapport à la technique de mesure employée pour cette étude impliquant des prélèvements sur 4,5 jours, cette valeur (équivalente à la valeur guide long terme ci-dessus) sera utilisée dans le rapport pour la comparaison des concentrations obtenues.

<sup>12</sup> Anses : Mise à jour de valeurs guides de qualité d'air intérieur : Le formaldéhyde – Avis de l'Anses – Rapport d'expertise collective – Février 2018 – Edition scientifique.

<sup>13</sup> Haut Conseil de la Santé Publique : Valeurs repères d'aide à la gestion de la qualité de l'air intérieur : le formaldéhyde – 2 mai 2019

### 3.1.4. 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. Des valeurs guides indicatives ont été proposées pour le styrène et les xylènes dans une étude de Koistinen et al<sup>14</sup>.

Le Haut Conseil de Santé Publique (HCSP) a également proposé des valeurs guides indicatives pour le trichloroéthylène<sup>15</sup> et le tétrachloroéthylène<sup>16</sup>. 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'acétaldéhyde<sup>17</sup>, le toluène<sup>18</sup> et l'éthylbenzène<sup>19</sup>

**Tableau 6 : Valeurs de référence pour les composés organiques volatils**

Polluants	Valeurs indicatives
Acétaldéhyde	ANSES : 160 µg/m <sup>3</sup> (2014)
Toluène	ANSES : 20 000 µg/m <sup>3</sup> (2018)
(m+p)-xylènes et o-xylène	INDEX : 200 µg/m <sup>3</sup> (2005)
Styrène	INDEX : 250 µg/m <sup>3</sup> (2005)
Ethylbenzène	ANSES : 1500 µg/m <sup>3</sup> (2016)
Tétrachloroéthylène	HCSP : 250 µg/m <sup>3</sup> (2010) Action rapide : 1250 µg/m <sup>3</sup>
Trichloroéthylène	HCSP : 2 µg/m <sup>3</sup> (2012)

### 3.1.5. Les PM2,5

En France, les valeurs guides (VGAI) sont établies par l'ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail). A défaut, les VGAI établies par l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) en 2010<sup>20</sup> 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 (Haut conseil de la santé publique) 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.

**Afin de prévenir les effets liés à une exposition chronique, le HCSP<sup>21</sup> recommande dans l'air intérieur :**

- Un objectif cible de 10 µg/m<sup>3</sup> à échéance de 2025, avec des valeurs dégressives, directement applicable. La valeur repère pour 2023 est ainsi fixée à 12 µg/m<sup>3</sup>.

<sup>14</sup> 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.p

<sup>15</sup> 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.

<sup>16</sup> 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.

<sup>17</sup> Proposition de valeurs guides de qualité de l'air intérieur L'acétaldéhyde, Avis de l'ANSES, Rapport d'expertise collective, avril 2014, Edition scientifique

<sup>18</sup> Proposition de valeurs guides de qualité de l'air intérieur Le toluène, Avis de l'ANSES, Rapport d'expertise collective, avril 2014, Edition scientifique

<sup>19</sup> Proposition de valeurs guides de qualité de l'air intérieur L'éthylbenzène, Avis de l'ANSES, Rapport d'expertise collective, octobre 2016, Edition scientifique

<sup>20</sup> OMS 2010 WHO Guidelines for indoor air quality : selected pollutants, World Health Organization

<sup>21</sup> Valeurs repères d'aide à la gestion dans des espaces clos : les particules, HSCP, juillet 2013

- Une valeur d'action rapide de 50 µg/m<sup>3</sup> dont le dépassement doit déclencher dans les trois mois la mise en œuvre d'actions correctives.

**Tableau 7 : Valeurs guides relatives aux PM<sub>2,5</sub>**

Valeurs guides pour une exposition long terme		
Polluants	Air intérieur Valeurs Guide	Air extérieur Valeurs Limites Article R221-1 modifié par le décret n° 2008-1152 du 7/11/2008-art.1)
PM <sub>2,5</sub>	Valeur repère : 12 µg/m <sup>3</sup> (2023) HCSP Valeur d'action rapide : 50 µg/m <sup>3</sup> (avis de 2013) HCSP	Moyenne annuelle : 25 µg/m <sup>3</sup>

### 3.2. VALEURS LIMITES D'EXPOSITION PROFESSIONNELLES

Les valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) correspondent aux niveaux de concentration dans l'atmosphère de travail de certains polluants définis pour prévenir la survenue de pathologies d'origine professionnelle dues à l'exposition à un produit dangereux. Elles sont représentatives d'une exposition à court terme sur une durée de 8 heures et sont nettement plus élevées que les valeurs de référence présentées précédemment. Le tableau ci-dessous présente les VLEP pour les principaux polluants mesurés dans le cadre de cette étude :

**Tableau 8 : Valeurs limites d'exposition professionnelles**

Polluants	VLEP en mg/m <sup>3</sup>
Benzène	3,25
Toluène	76,8
Naphtalène	50
Dichlorométhane	178
N-hexane	72
Trichloroéthylène	405
Styrène	100
2-méthoxyethoxy-éthanol	50,1
Acétate de butyle	710
Acétate d'éthyle	1400
Acétone	1210



### 3.3. DONNEES COMPARATIVES

A ce jour, peu de résultats concernant les menuiseries sont disponibles au niveau national. Les résultats obtenus dans cette étude pourront cependant être comparés aux résultats de l'étude de 2021 effectuée dans une menuiserie de la région Grand Est. ATMO Grand Est a mené, en 2021, une première étude de mesures de la qualité de l'air dans une menuiserie et son logement attenant.

- Menuiserie : État des lieux de la qualité de l'air dans une menuiserie

Tableau 9 : Concentrations en COV lors de l'étude de 2021

Sites		Bureau		Atelier 1		Atelier 2			
Périodes		Phase 1	Phase 2	Phase 1	Phase 2	Phase 1	Phase 2		
Benzène	Familles	Hydrocarbures (alcane linéaires, ramifiés, cycliques et aromatiques)	1,2	/	3	1,6	3,7	0,8	
Toluène			0,9	3,5	4,3	3,3	3,4	2,7	
Ethylbenzène			3	6,3	135	< LQ	82,8	< LQ	
m-p xylène			6	5,4	365	10	239	< LQ	
o-xylène			< LQ	< LQ	99	7	63	< LQ	
Hexane			< LQ	< LQ	43	11	43	< LQ	
Cyclopentane, méthyl			< LQ	< LQ	152	51	174	37	
Heptane			< LQ	/	94	/	72	/	
Cyclohexane			< LQ	< LQ	595	254	700	167	
Cyclohexane, méthyl-			< LQ	/	95	/	69	/	
Hexane, 3-méthyl			< LQ	/	52	/	45	/	
Ethyl acétate			Esters	10	8	958	166	1004	118
Acetic acid, méthyl ester				< LQ	/	220	/	161	/
Acetate de butyle				< LQ	< LQ	509	< LQ	305	< LQ
Acétone			Cétone	5,4	86	301	1033	213	577
Limonène	Terpène	14	/	< LQ	/	< LQ	/		
Total			41	192	3625	1537	3178	903	

Tableau 10 : Concentrations en aldéhydes lors de l'étude de 2021

Sites	Périodes	Concentration en $\mu\text{g}/\text{m}^3$						
		Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Hexaldéhyde	Propionaldéhy	Butyraldéhyde	Benzaldéhyde	Valéraldéhyde
Bureau	Phase 1	18,7	5,7	20,2	1,6	5,2	<LQ	3,2
	Phase 2	75,1	25	136	7	22	2	26,2
Atelier 1	Phase 1	12	5,6	8,8	1,6	3,8	<LQ	0,7
	Phase 2	26,3	3,4	14,9	1,7	3,3	<LQ	2,1
Atelier 2	Phase 1	10,6	5	8,3	1,8	3,1	<LQ	0,6
	Phase 2	24,3	3,6	14	1,8	2,9	<LQ	2

**Tableau 11 : Concentrations obtenues pour les PM2,5 mesurées durant les deux phases (avril 2021 et juillet 2021)**

Sites	Périodes	Concentrations PM2,5 en µg/m <sup>3</sup>		
		Mesures actives (µvol)		Mesures dynamiques (PDR)
		Teneurs	Teneurs	Maximum
Bureau 1	Phase 1	15,3		
	Phase 2	9,8		
Atelier 1	Phase 1	71,1	53,1	1203
	Phase 2	20,5	8,3	188
Atelier 2	Phase 1	3,01		
	Phase 2	*		

\*Pompe débranchée

Pour le logement, les données peuvent être comparées aux données obtenues dans les logements dans le cadre de la campagne menée par l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) entre 2003 et 2005 ainsi que de l'étude effectuée par ATMO Grand Est dans le logement attenant à la menuiserie au cours de l'étude de 2021.

- **État des lieux de la qualité de l'air dans un logement attenant à une menuiserie :**

**Tableau 12 : Concentrations en COV lors de l'étude de 2021**

Sites		Hab. 1		Hab. 2		Extérieur			
Périodes		Phase 1	Phase 2	Phase 1	Phase 2	Phase 1	Phase 2		
Benzène	Famille s	Hydrocarbures (alcane linéaires, ramifiés, cycliques et aromatiques)	4,6	3	2	1,7	0,9	0,5	
Toluène			18,1	62,8	4,1	10,1	0,5	0,4	
Ethylbenzène			72	171	6	14	< LQ	0,2	
m-p xylène			216	550	18	38	< LQ	< LQ	
o-xylène			70	206	6	14	< LQ	< LQ	
Hexane			10	31	< LQ	14	< LQ	< LQ	
Cyclopentane, méthyl			26	119	< LQ	9,1	< LQ	< LQ	
Heptane			20	/	< LQ	/	< LQ	< LQ	
Cyclohexane			101	425	8	27	< LQ	< LQ	
Cyclohexane, méthyl-			23	/	< LQ	/	< LQ	< LQ	
Hexane, 3-méthyl			12	/	< LQ	/	< LQ	< LQ	
Ethyl acétate			Esters	183	433	16	30	< LQ	< LQ
Acetic acid, méthyl ester				31	/	< LQ	/	< LQ	/
Acetate de butyle				117	163	5	< LQ	< LQ	< LQ
Acétone				Cétone	66	401	7,6	30	< LQ
Limonène			Terpène		6	/	16	/	< LQ
<b>Total</b>				976	2565	89	188	1,4	1,1

**Tableau 13 : Concentrations en aldéhydes lors de l'étude de 2021**

Sites	Périodes	Concentration en $\mu\text{g}/\text{m}^3$						
		Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Hexaldéhyde	Propionaldéhyde	Butyraldéhyde	Benzaldéhyde	Valéraldéhyde
Habitation 1	Phase 1	7,9	3,6	2,8	1,4	2,5	<LQ	0,3
	Phase 2	34,8	4,6	11	1,8	4,7	0,5	1,6
Habitation 2 (bureau)	Phase 1	12,2	7,6	5,4	1,2	3,9	<LQ	0,7
	Phase 2	/	/	/	/	/	/	/

**Tableau 14 : Concentrations obtenues pour les PM<sub>2,5</sub> mesurées durant les deux phases (avril 2021 et juillet 2021)**

Sites	Périodes	Concentrations PM <sub>2,5</sub> en $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
		Mesures actives ( $\mu\text{vol}$ )	Mesures dynamiques (PDR)	
		Teneurs	Teneurs	Maximum
Habitation 1 (sas)	Phase 1	27,1	15,9	692
	Phase 2	6,9	3,5	41
Habitation 2 (bureau)	Phase 1	15,2		
	Phase 2	13,4		

- **État des lieux de la qualité de l'air dans les logements : Campagne nationale**

L'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) a réalisé en 2003-2005 une vaste campagne afin d'obtenir une image représentative de la qualité de l'air à l'intérieur des logements français (567 logements enquêtés<sup>22</sup>).

Les résultats obtenus sont renseignés dans le tableau ci-après :

**Tableau 15 : Concentrations mesurées lors de la campagne OQAI logements**

Résultats de la Campagne Nationale Logements - OQAI ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
Polluants	Médiane	95ème percentile
Formaldéhyde	19,6	46,7
Acétaldéhyde	11,6	30,0
Hexaldéhyde	13,6	50,1
Benzène	2,1	7,2
Toluène	12,2	82,9

<sup>22</sup> <https://www.oqai.fr/fr/campagnes/la-campagne-nationale-logements-1>

Résultats de la Campagne Nationale Logements - OQAI ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
Polluants	Médiane	95ème percentile
Ethylbenzène	2,3	15,0
m+p-xylènes	5,6	39,7
O-xylènes	2,3	14,6
n-décane	5,3	53
n-undecane	6,2	72,4

A noter que dans le cadre de la campagne logement de l'OQAI, 50% des logements dépassent la valeur moyenne de 756 ppm en  $\text{CO}_2$  sur la semaine.

Plus de 15 ans après la première campagne, l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) engage la campagne nationale Logement 2. Les résultats seront publiés en 2023.

### 3.4. TRANSFERT DE POLLUTION

Afin de caractériser le transfert de pollution de l'air extérieur vers l'air intérieur, on peut utiliser différents indicateurs dont le ratio Intérieur/Extérieur qui se déduit directement des mesures réalisées en simultanée à l'intérieur et à l'extérieur sur une durée définie (concentration intérieure/concentration extérieure)<sup>23</sup>. Il caractérise les transferts de polluants en l'absence de source intérieure.

Dans le cadre de cette étude, comme le transfert de pollution peut également se faire par le biais des ateliers, le ratio (concentration intérieure bureau/concentration atelier) a été calculé.

A noter que plus le ratio est proche de 1, plus le transfert de pollution est important. Lorsque que le ratio est supérieur à 1, cela signifie que des sources internes au polluant considéré sont présentes dans l'espace intérieur.

## 4. RESULTATS

### 4.1. PARAMETRES DE CONFORT ET DE CONFINEMENT

#### 4.1.1. Température et humidité relative :

Les données de température et d'humidité relative observées durant les deux phases de mesures sont présentées dans le tableau ci-après.

Les statistiques ont été effectuées sur les périodes d'occupation pour la menuiserie et sur la semaine de mesures pour les pièces de l'habitation.

<sup>23</sup> Caractérisation des transferts de pollution de l'air extérieur vers l'intérieur des bâtiments – Avis de l'Anses – Rapports d'expertise collective – Mai 2019 – Edition scientifique

**Tableau 16 : Statistiques sur la température et l'humidité relative**

Sites	Pièces	Température en °C			Humidité relative en %		
		Minimum	Maximum	Moyenne	Minimum	Maximum	Moyenne
<b>Campagne - décembre 2022 (phase 1 - avant)</b>							
<b>Menuiserie</b>	Menuiserie 1	11,1	21,2	<b>18,2</b>	25,4	54,6	<b>42</b>
<b>Habitation</b>	Habitation 1 (buanderie)	16,2	18,7	<b>17,3</b>	39	46	<b>41,3</b>
	Habitation 2 (Pièce de vie)	17,9	23,5	<b>20,4</b>	32,9	49,5	<b>38,7</b>
	Habitation 3 (Chambre)	17,6	20	<b>18,8</b>	38,3	49,4	<b>42,2</b>
<b>Extérieur</b>	Ext	-9,6	8,8	<b>-3</b>	41,4	92,9	<b>82,3</b>
<b>Campagne - mars 2023 (phase 2 - après)</b>							
<b>Menuiserie</b>	Menuiserie 1	11,9	19,1	<b>15,3</b>	43,7	66,9	<b>58</b>
<b>Habitation</b>	Habitation 1 (buanderie)	18	20,3	<b>19,1</b>	45	57,5	<b>49,8</b>
	Habitation 2 (Pièce de vie)	19,2	24,6	<b>21,5</b>	37,2	58,8	<b>44,7</b>
	Habitation 3 (Chambre)	18,4	22,2	<b>20,1</b>	41,2	47,6	<b>47,6</b>
<b>Extérieur</b>	Ext	-1,4	26,5	<b>8,6</b>	26,4	91,8	<b>68,2</b>

**Pour la première campagne**, les températures mesurées sont parfois assez faibles dans la menuiserie (minimum à 11,1°C). On relève néanmoins une température moyenne de 18,2 °C. Les faibles températures apparaissent lors de l'ouverture de la porte de garage. La buanderie n'étant pas chauffée la température moyenne est à peu près semblable à celle de la menuiserie. Dans les pièces de l'habitation 2 et 3, les températures se situent dans les recommandations de l'ADEME (entre 18°C et 22°C).

Quelle que soit la pièce considérée, **les taux d'humidité mesurés sont relativement faibles** (inférieurs à 45%) ce qui peut favoriser une sensation de sécheresse gênante sur le plan respiratoire, cutanée et oculaire.

**Pour la deuxième campagne**, les températures relevées dans les pièces de l'habitation sont conformes aux préconisations. La température moyenne dans la menuiserie est relativement faible. Cela s'explique par l'utilisation du chauffage qui s'est fait uniquement durant 2 jours de la semaine. **Les taux d'humidité** sont plus élevés en lien avec l'utilisation du chauffage plus faible. Ils **sont conformes aux préconisations**.

Les données relatives aux campagnes ont été reportées au niveau du diagramme de Fauconnier ci-après :

1 : Zone à éviter vis-à-vis des problèmes de sécheresse.

2 : Zones à éviter vis-à-vis des développements de bactéries et de micro-champignons.

3 : Zone à éviter vis-à-vis des développements d'acariens, de bactéries et de micro-champignons.

4 : Plage de confort hygrothermique

Figure 13 : Diagramme de Fauconnier première campagne

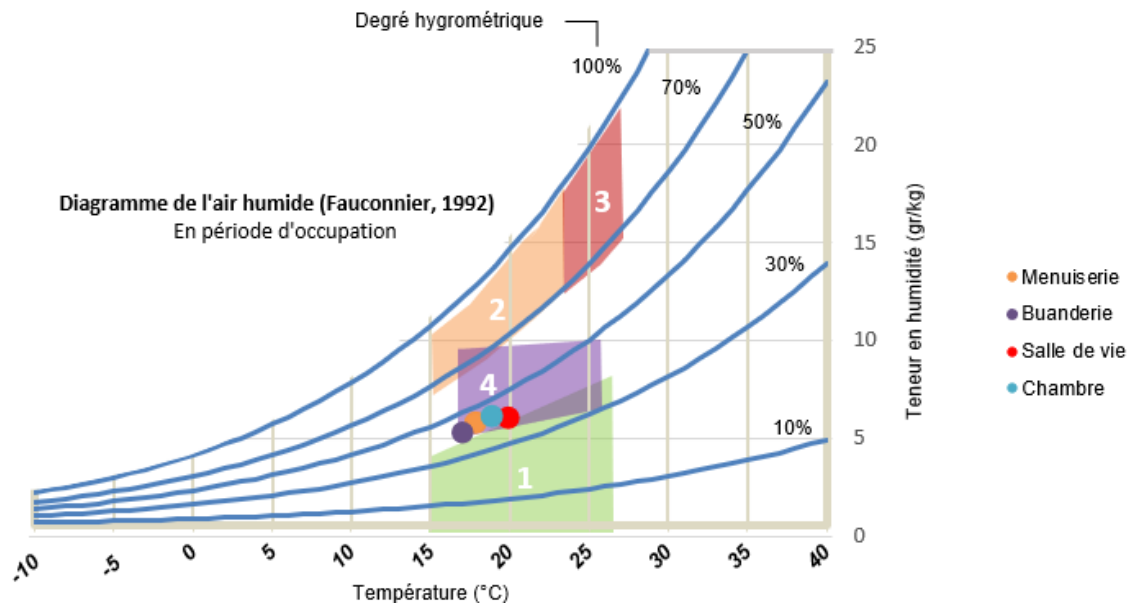
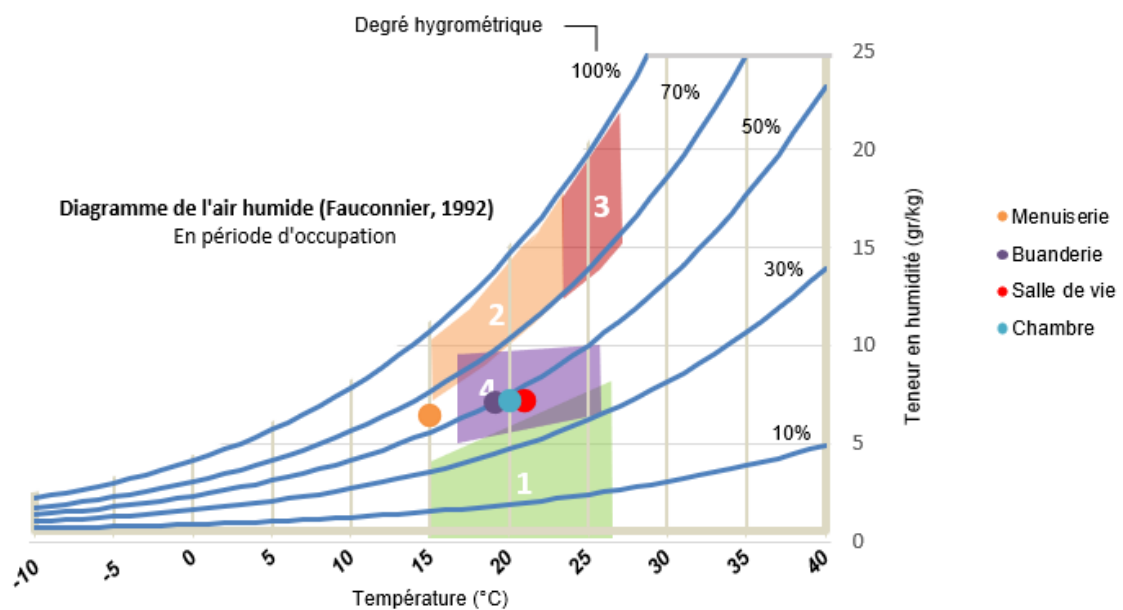


Figure 14 : Diagramme de Fauconnier deuxième campagne



Comme l'indique le diagramme, lors de la première phase (décembre), **la menuiserie et la buanderie sont en dehors de la plage de confort hygrothermique** en lien avec les températures moyennes inférieures à 18°C. **La salle de vie ainsi que la chambre se situent** quant à elles dans la **plage de confort hygrothermique**.

Pour la deuxième campagne (mars), **les pièces se positionnent dans la plage de confort hygrothermique** **exceptée la menuiserie** en lien avec la température moyenne faible (inférieure à 18°C).

#### 4.1.2 Le confinement :

Le tableau ci-après regroupe les différents teneurs en CO<sub>2</sub> dans la menuiserie et l'habitation.

Les statistiques ont été effectuées sur les périodes d'occupation pour la menuiserie et sur la semaine de mesures pour les pièces de l'habitation.

**Tableau 17 : Valeurs obtenues pour le CO<sub>2</sub>**

Sites	Pièces	Dioxyde de carbone en ppm	
		Moyenne	Maximum
<b>Campagne phase 1 - décembre 2022</b>			
Menuiserie	Menuiserie 1	914	1379
Habitation	Habitation 1 (buanderie)	713	1580
	Habitation 2 (Pièce de vie)	816	1272
	Habitation 3 (Chambre)	809	956
<b>Campagne phase 2 - mars 2023</b>			
Menuiserie	Menuiserie 1	675	1108
Habitation	Habitation 1 (buanderie)	651	986
	Habitation 2 (Pièce de vie)	764	1081
	Habitation 3 (Chambre)	770	974

Les valeurs les plus élevées sont observées lors de la phase 1. Ceci s'explique par la présence de 2 personnes dans la menuiserie contre 1 lors de la phase 2. De plus les températures extérieures étant plus froides lors de la phase 1, l'aération des pièces par ouverture des fenêtres n'a pas été favorisée.

Sur la phase 1, le seuil du règlement sanitaire département de 1000 ppm est quotidiennement dépassé dans la menuiserie et de manière moins récurrente dans la buanderie et la pièce de vie.

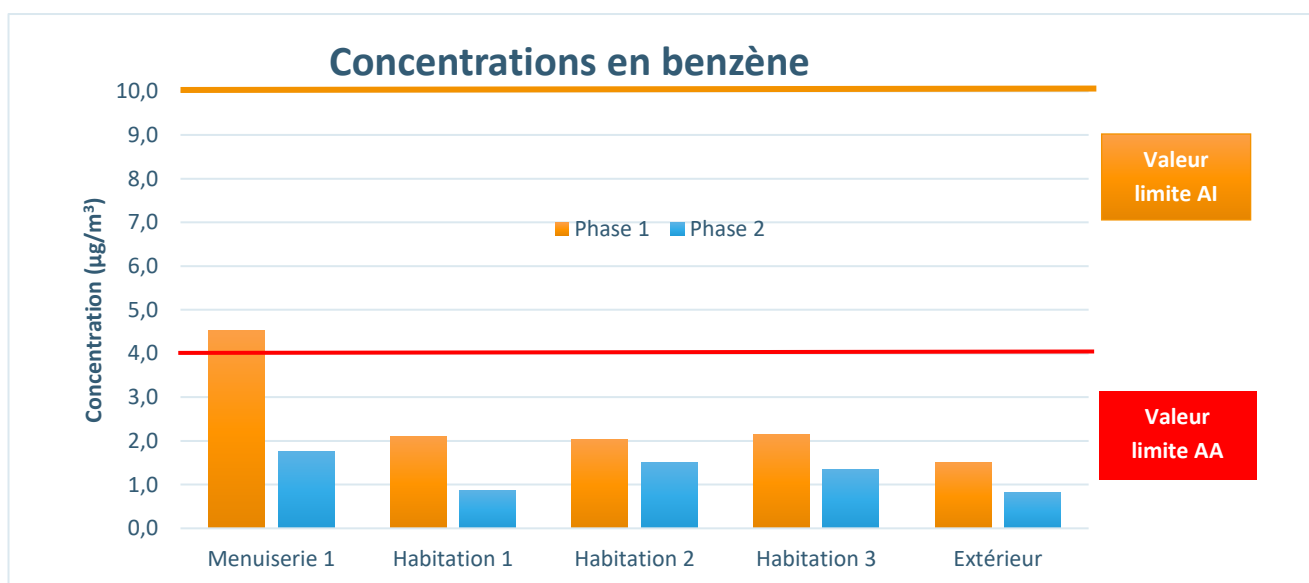
Sur la phase 2, le seuil du règlement sanitaire département de 1000 ppm est très peu dépassé. Les seuls dépassements observés se situent dans la pièce de vie (3 fois au cours de la semaine de mesures) et la menuiserie (2 fois au cours de la semaine de mesures).

## 4.2. LE BENZENE ET LES COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS

### 4.2.1 Le benzène :

Le graphique ci-dessous présente les valeurs obtenues pour le benzène au niveau des différents points de mesure sur la phase 1 (décembre), phase 2 (mars) :

Figure 15 : Concentrations en benzène mesurées dans les différents espaces.



AI : Air intérieur  
AA : Air ambiant (extérieur)

**Dans la menuiserie**, la concentration en phase 1 (décembre), avec utilisation des produits classiques (colle et peinture) est de  $4,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Elle est supérieure à ce qui avait été observé dans les espaces atelier lors de l'étude précédemment effectuée par ATMO Grand Est en 2019. Elle est de  $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  lors de la phase 2 (mars) avec utilisation de produits substitués. La substitution de produits a permis une diminution des concentrations.

**Dans l'habitation 1 (buanderie)**, la concentration en phase 1 est de  $2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et de  $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour la phase 2.

**Dans l'habitation 2 (pièce de vie)**, la concentration en phase 1 est de  $2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et de  $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour la phase 2.

**Dans l'habitation 3 (chambre)**, la concentration en phase 1 est de  $2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et de  $1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour la phase 2.

Les valeurs obtenues dans l'habitation sont comparables lors de la phase 1 et inférieures lors de la phase 2 à la moyenne observée dans les logements lors de la campagne nationale effectuée par l'OQAI en 2003-2005.



La valeur limite fixée à  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  n'est jamais dépassée sur aucune phase de mesures. A titre indicatif, la valeur guide en air intérieur fixée à  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  est respectée lors de la phase 2 dans toutes les pièces mais est dépassée lors de la phase 1. Cette comparaison est indicative car elle doit être effectuée avec des valeurs annuelles issues de la moyenne entre une phase de mesure en période de chauffe et une autre en période hors chauffe.

A noter que, quel que soit l'espace considéré, les niveaux de pollution sont plus importants au cours de la première phase par rapport à la deuxième.

La pièce habitation 3 est une chambre comportant des meubles venant d'être confectionnés par le menuisier, et donc pouvant émettre des polluants. De part cette utilisation, la valeur observée est plus élevée que dans la pièce habitation 1.

#### **Comparaison Air intérieur / Air extérieur (tableau présenté en ANNEXE 1) :**

Les valeurs à l'extérieur de  $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (phase 1), de  $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (phase 2) sont faibles, ce qui laisse supposer la présence d'une source intérieure prédominante dans ces deux espaces (menuiserie et habitation).

Le ratio I/E (concentration intérieure / concentration extérieure) calculé lors de cette campagne pour l'ensemble des pièces est supérieur à 1 ce qui confirme la présence d'une source majoritaire de l'intérieur.

#### **Comparaison Air intérieur : concentration intérieure / concentration menuiserie :**

Les ratios calculés entre la menuiserie et les pièces de l'habitation 1 et 2 situées à proximité sont :

- **Entre « habitation 1 et menuiserie »**, au cours de la première phase de 0,5 et de 0,5 également pour la seconde phase.
- **Entre « habitation 2 et menuiserie »** au cours de la première phase de 0,4 et de 0,8 pour la seconde phase.

Ainsi, le transfert entre l'habitation 1 et la menuiserie est le même entre la phase 1 et 2. Le transfert entre l'habitation 2 et la menuiserie est plus importante pour la phase 2 que la phase 1.

#### 4.2.2 Les composés organiques volatils :

Comme de nombreux composés organiques volatils ont été mesurés lors des 2 phases, les résultats ci-dessous sont présentés pour l'ensemble des pièces (**Tableau 18**) :

Le ETBE, le dichlorométhane, le n-hexane, le styrène, le 2-(2-methoxyethoxy) éthanol, le trichloroéthylène, le naphthalène, le THF, le butane et le tétradécane ont été mesurés à des concentrations inférieures à la limite de quantification sur les deux phases (non présentés).

Les composés majoritairement mesurés, toute période confondue, appartiennent aux familles **des esters, des hydrocarbures (alcanes linéaires, ramifiés, cycliques et aromatiques), des cétones, des alcools et des terpènes**. Certains sont présents dans les produits utilisés et répertoriés dans le **Tableau 1**.

On retrouve ainsi, par ordre de grandeur statistique pour les plus importants :

- **Le limonène** : présent dans les produits d'entretien et les huiles essentielles (odeur de citron).
- **Le dodécane** : présent dans les colles et vitrificateurs.
- **L'  $\alpha$ -pinène** : principal composant des essences de térébenthine.
- **Le 3-carène** : principal composant des essences de térébenthine.
- **L'acétone** : présente dans les nettoyeurs d'ustensiles.
- **L'éthanol** : présent dans les peintures, les colles.
- **Le m-p-xylène** : présent dans les vernis et les vitrificateurs.
- **L'éthyl-acétate** : présent de la colle néoprène liquide.
- **L'o-xylène** : présent dans les vernis et vitrificateur.
- **Le toluène** : présent dans les peintures, les vernis et les colles.
- **L'éthyl-benzène** : présent dans les vernis et vitrificateur.

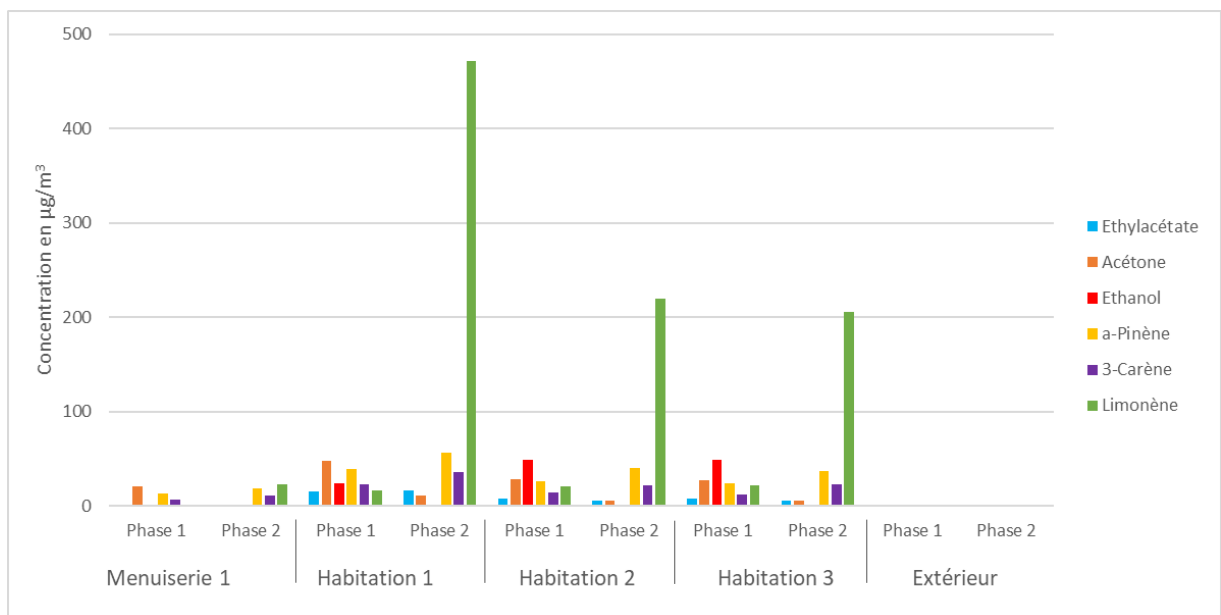
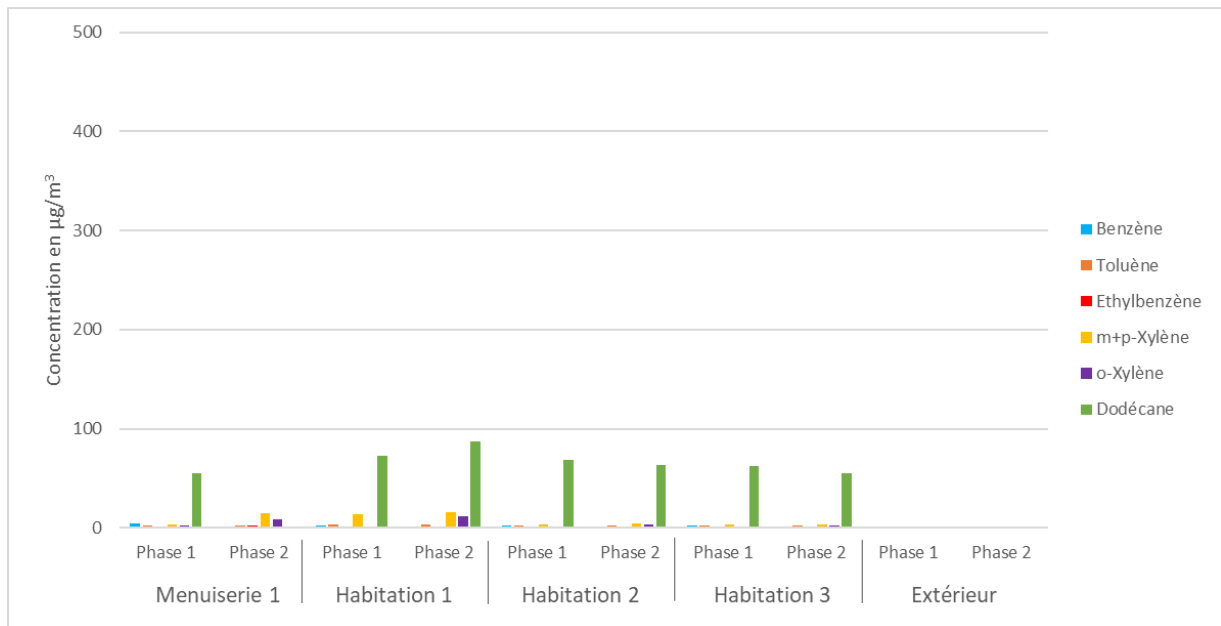
La **Figure 16** présente, selon les périodes de mesures et les sites, ces composés majoritaires.

Tableau 18 : COV mesurés sur les deux phases de la campagne.

Site	Période	Concentration en µg/m <sup>3</sup>												Total
		Benzène	Toluène	Ethylbenzène	m+p-Xylène	o-Xylène	Dodécane	Ethylacétate	Acétone	Ethanol	α-Pinène	3-Carène	Limonène	
		Familles												
		Hydrocarbures (alcanes, linéaires, ramifiés, cyclique et aromatiques)						Esters	Cétones	Alcools	Terpènes			
Menuiserie 1	Phase 1	4,5	2,4	1,2	3,9	2,3	55,0	<LQ	20,9	<LQ	13,6	7,0	<LQ	110,7
	Phase 2	1,8	2,1	2,4	15,2	8,8	<LQ	<LQ	<LQ	-	19,1	11,2	23,0	83,6
	Moy	3,2	2,3	1,8	9,5	5,6	/	/	/	/	16,4	9,1	/	
Habitation 1 Buanderie	Phase 1	2,1	3,2	1,2	13,3	1,3	72,6	15,6	48,1	24,7	39,3	22,9	16,5	260,8
	Phase 2	0,9	3,1	<LQ	16,0	12,0	86,7	16,1	10,7	/	57,0	36,4	471,0	709,9
	Moy	1,5	3,1	/	14,6	6,7	79,65	15,9	29,4	/	48,2	29,7	243,8	
Habitation 2 Pièce de vie	Phase 1	2,0	2,6	0,8	3,6	1,8	68,2	8,1	28,3	49,1	25,9	14,2	20,7	225,2
	Phase 2	1,5	2,7	<LQ	4,3	3,0	63,2	5,7	5,5	/	40,7	22,4	220,0	369
	Moy	1,8	2,7	/	3,9	2,4	65,7	6,9	16,9	49,1	33,3	18,3	120,4	
Habitation 3 Chambre	Phase 1	2,2	2,7	0,6	3,2	1,8	62,2	7,7	27,1	49,0	23,9	12,8	21,7	214,9
	Phase 2	1,3	2,6	<LQ	3,7	2,8	54,7	5,4	6,3	/	37,5	23,3	206,0	343,6
	Moy	1,8	2,6	/	3,4	2,3	58,45	6,6	16,7	49,0	30,7	18,1	113,9	
Ext	Phase 1	1,5	1,3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2,8
	Phase 2	0,8	0,5	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	/	<LQ	<LQ	<LQ	1,3
	Moy	1,2	0,9	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	

LQ : limite de quantification

**Figure 16 :** Composés mesurés lors des deux phases dans les différents espaces.



Lors de la première période, les pièces les plus chargées sont (par ordre de grandeur statistique - **Figure 17**): l'habitation 1, l'habitation 2, l'habitation 3 et la menuiserie.

Pour la seconde phase, l'ordre est le même que lors de la phase 1. C'est dans la pièce habitation numéro 1 que l'on retrouve les concentrations les plus fortes notamment en raison de la détection de limonène et de dodécane qui sont présents à des concentrations plus importantes sur cette phase. Rappelons que ce point est placé à proximité de la menuiserie et sert de stockage de certains produits de la menuiserie et d'entretien, pouvant impacter les mesures.

Viennent ensuite l'habitation 2, l'habitation 3 et la menuiserie. Cette phase est beaucoup plus chargée que la précédente.

Sur l'ensemble des espaces instrumentés, les **valeurs guides indicatives sont largement respectées pour le toluène** (fixée à 20 000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), **l'éthylbenzène** (fixée à 1500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) et **le m+p-xylène** (fixée à 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

En termes d'exposition professionnelle, les valeurs mesurées dans les ateliers respectent, à titre indicatif (pour rappel les techniques de prélèvements/mesures ne permettent pas de s'y comparer), les VLEP définies pour chaque composé à savoir, benzène, toluène, acétone (voir **Tableau 8**).

En extérieur, la plupart des composés ont des résultats inférieurs à leur limite de quantification et pour ceux qui ont été mesurés, leurs concentrations sont faibles (toluène et benzène).

Si l'on compare les concentrations obtenues dans les ateliers à celles obtenues à l'extérieur et que l'on calcule pour le benzène et le toluène (composés mesurés sur les deux phases) les ratios Intérieur/Extérieur, ces derniers sont tous supérieurs à 1. Ce qui veut dire que, quelle que soit la période considérée, la pollution est plus importante à l'intérieur qu'à l'extérieur. Pour information, les ratios sont présentés en ANNEXE 1.

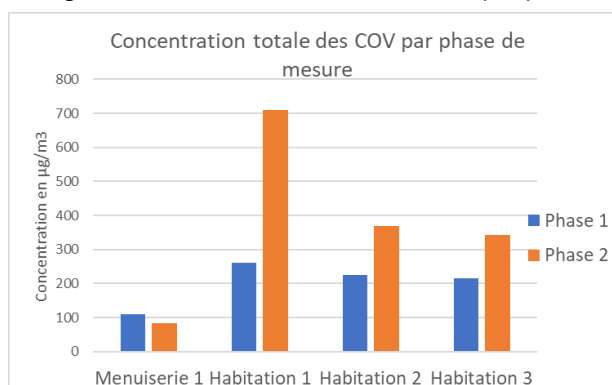
Si l'on compare les ratios obtenus entre la menuiserie et les pièces d'habitation situées à proximité, à savoir « habitation 1/menuiserie » et « habitation 2/habitation 1 », on note, pour les composés quantifiés sur les deux phases à savoir le toluène, le m+p-xylène, le o-xylène, le  $\alpha$ -pinène et le 3-carène, que :

- **Entre « habitation 1 et menuiserie »** les ratios varient au cours de la phase 1 entre 0,47 et 3,41 avec une médiane à 2,11 et entre 0,50 et 3,25 au cours de la phase 2 avec une médiane à 1,42.
- **Entre « habitation 2 et habitation 1 »**, les ratios varient au cours de la phase 1 entre 0,27 et 1,38 avec une médiane à 0,74 et ceux obtenus lors de la seconde varient entre 0,25 et 1,67 avec une médiane à 0,66.

Ces éléments permettent de conclure :

- Qu'il y a des sources internes dans les pièces d'habitation notamment dans la pièce d'habitation 1 (ratio supérieur à 1 pour 4 composants lors de la phase 1 et 5 composants lors de la phase 2).

**Figure 17 : Ensemble des COV mesurés par phase**



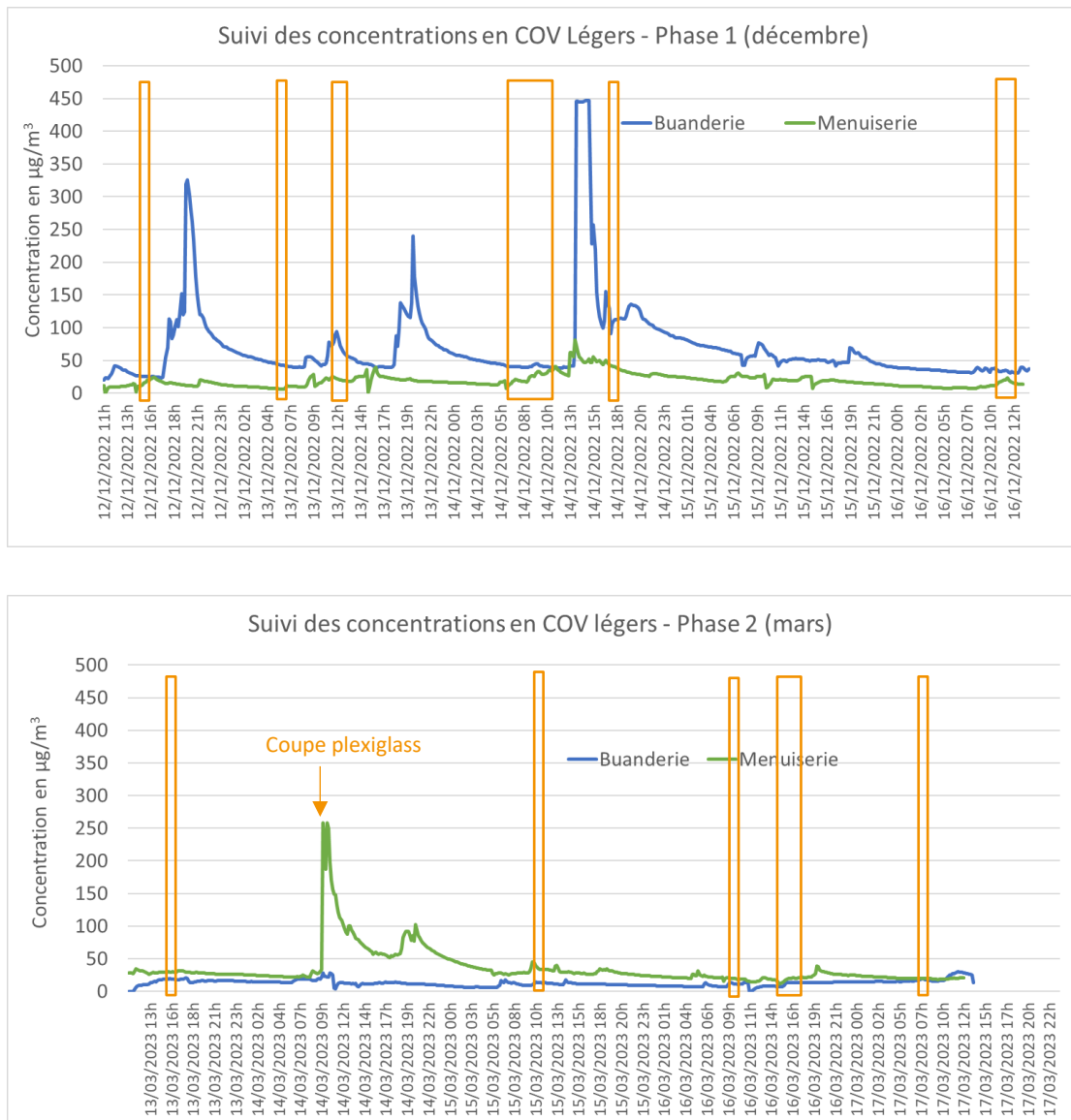
- Que le transfert de pollution est plus important lors de la première phase (décembre). La saison n'étant pas propice à l'aération, les polluants sont de fait plus transférés entre les pièces plutôt qu'évacués en cas d'aération.

### Evolution dynamiques des polluants :

Rappelons que deux balises ont été installées, une dans l'atelier 1 et une autre dans la pièce d'habitation 1 (sas de liaison).

Les graphiques ci-après présentent l'évolution des COV légers pour les deux phases de mesures. **A noter que les encadrés « orange » correspondent aux périodes d'utilisation des produits qui ont été communiquées au travers des questionnaires d'activités (transmis au menuisier au cours des semaines de mesures).**

**Figure 18 :** Evolution des COV léger dans la menuiserie et la buanderie (habitation 1) au cours des deux phases.



Utilisation de produits pouvant influencer les niveaux de COV

Lors de la phase 1, on remarque plusieurs pics dans la buanderie (habitation 1). Cela confirme la source de COV dans cette pièce comme l'indiquait les ratios habitation 1 / menuiserie.

Globalement, dans la menuiserie, les pics sont visibles lors de la présence du menuisier.

Hormis un pic plus marqué lors de la phase 2 en lien avec la réalisation de la coupe de plexiglass (la découpe se fait à l'aide d'une scie circulaire qui, par frottements avec le plexiglass, chauffe et provoque une émission de COV), les concentrations sont plus faibles sur cette phase par rapport à la phase 1.

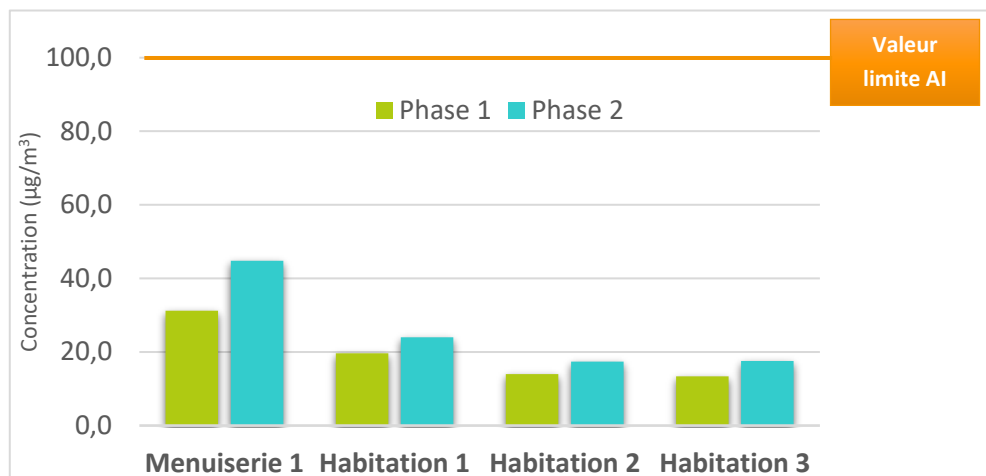
D'après les questionnaires des activités pratiquées dans la menuiserie, des périodes d'utilisations de produits émetteurs de COV (colle, peinture, vitrification) ont été reportées sur le graphique (encadrés orange). Concernant les autres pics, aucune information ne permet d'en déterminer la cause exacte mais les différentes activités propres à ce type d'atelier peuvent en expliquer l'origine.

Pour l'habitation 1 (buanderie), les principaux pics de la phase 1 ne coïncident pas avec des pics de la menuiserie. Il ne s'agit donc pas de transfert mais de source interne à la buanderie. Il pourrait s'agir de la préparation des produits ménagers notamment la lessive (présence d'huiles essentielles à l'origine probable des concentrations en limonène observées voir le paragraphe 4.2.2).

### 4.3. LE FORMALDEHYDE ET LES ALDEHYDES

Les concentrations en formaldéhyde obtenues dans les différents espaces ont été reportées dans le graphique ci-après :

**Figure 19** : Concentrations en formaldéhyde



Dans la **menuiserie**, la concentration lors de la phase 1 est de 31,2 µg/m<sup>3</sup>. La concentration lors de la phase 2 est de 44,8 µg/m<sup>3</sup> ce qui est supérieur à ce qui avait été observé en moyenne lors des campagnes 2019.

**Dans l'habitation 1 (buanderie)**, la concentration lors de la phase 1 est de 19,6 µg/m<sup>3</sup>. La concentration lors de la phase 2 est de 24 µg/m<sup>3</sup>.

**Dans l'habitation 2 (pièce de vie)** : la teneur de la première phase est de 14,0 µg/m<sup>3</sup> tandis que la teneur de la deuxième phase est de 17,4 µg/m<sup>3</sup>.

A l'inverse du benzène, quel que soit l'espace considéré, les niveaux de formaldéhyde sont plus importants en phase 2 par rapport à la première phase.

**La valeur guide en air intérieur fixée à 30 µg/m<sup>3</sup> est dépassée dans la menuiserie (moyennes des deux phases présentées en ANNEXE 2).**

**La valeur limite de 100 µg/m<sup>3</sup> n'est dépassée dans aucun espace.**

Au vu de ces observations, il apparaît que les **sources en formaldéhyde proviennent de la menuiserie.**

Mise à part ce composé, les concentrations obtenues pour les autres aldéhydes, présentées en ANNEXE 2, sont plus faibles. Contrairement au formaldéhyde, les pièces de l'habitation sont celles où l'on observe les valeurs les plus importantes, sur les deux phases.

Par rapport aux valeurs retrouvées lors des campagnes 2019, les valeurs sont globalement légèrement plus élevées mais restent dans les mêmes ordres de grandeur.

Par rapport à la **valeur guide indicative pour l'acétaldéhyde (160 µg/m<sup>3</sup>)**, celle-ci est largement respectée dans toutes les pièces instrumentées.



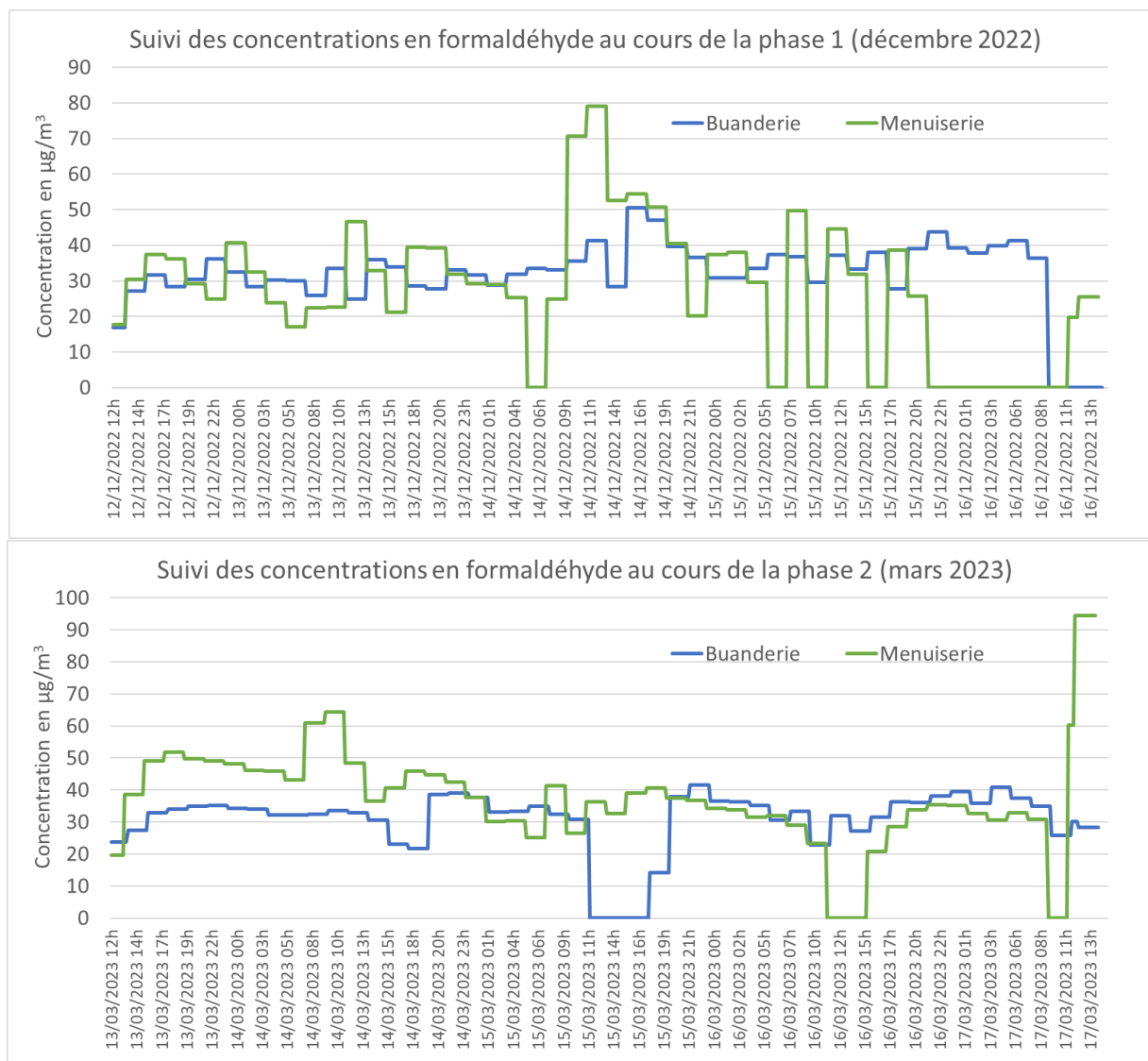
### Evolutions dynamiques du formaldéhyde :

Pour rappel, le NEMO qui mesure le formaldéhyde en continu a été installé dans la menuiserie (menuiserie 1) et dans la buanderie (habitation 1). La figure suivante présente les résultats obtenus pour les deux phases de mesures.

Concernant la première phase de mesures, les niveaux sont assez bien corrélés avec ceux des COV totaux (**Figure 18**). A une amplitude moindre, les mêmes hausses sont constatées.

Pour la deuxième phase, cette corrélation est moins importante. Toutefois, la hausse des niveaux constatés le 14 mars pour les COV est présente également sur la **Figure 20**.

**Figure 20** : Evolution du formaldéhyde sur les sites Menuiserie 1 et Habitation 1 durant les 2 phases



#### 4.4. LES PM2,5

Le tableau ci-dessous précise les teneurs obtenues lors des deux périodes.

**Tableau 19** : Concentrations obtenues pour les PM2,5 mesurées durant les deux phases.

Sites	Périodes	Concentrations PM2,5 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
		Mesures actives ( $\mu\text{vol}$ )	Mesures dynamiques (PDR)	
		Teneurs	Teneurs	Maximum
Menuiserie 1	Phase 1	82,9	43,3	710,3
	Phase 2	35,5	11,0	457,7
Habitation 1	Phase 1	26,2	27,7	831,8
	Phase 2	9,0	6,6	93,6

Concernant les mesures actives :

- **Dans la menuiserie**, la teneur obtenue lors de la phase 1 est de  $82,89 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et pour la phase 2 de  $35,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- **Dans l'habitat 1**, la teneur obtenue lors de la phase 1 est de  $26,24 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et pour la phase 2 de  $9,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Entre les deux phases, l'extracteur a particule a été mis en route dans la menuiserie. Il a permis de fortement baisser la concentration en PM2,5 dans la menuiserie mais aussi dans la buanderie (habitation 1).

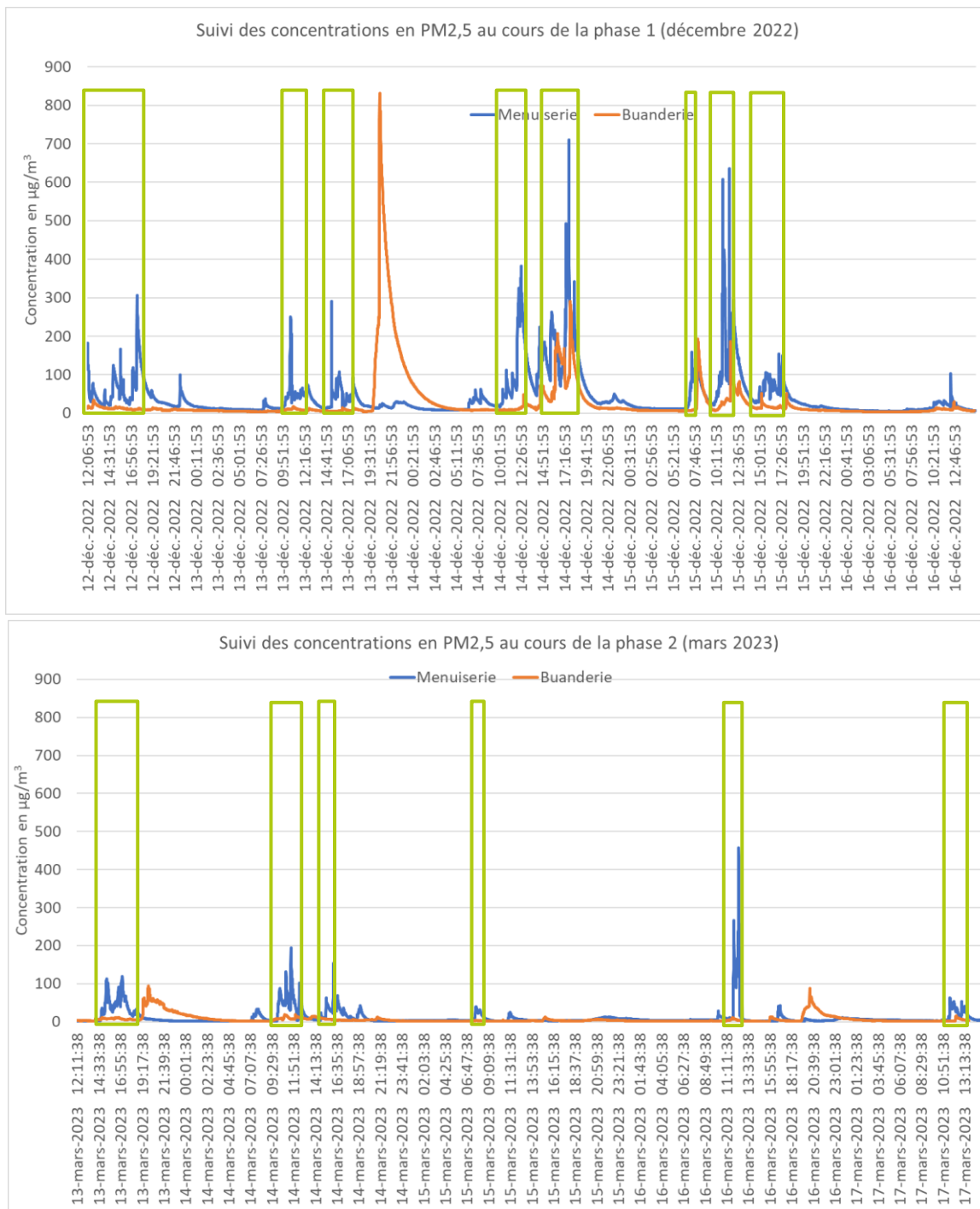
Les valeurs mesurées pour les PM2,5 dans la menuiserie sont supérieures à celles observées lors de la campagne de 2019.

La valeur repère fixée par le Haut Conseil de Santé public ( $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (2021)) est dépassée dans les deux pièces instrumentées pour la phase 1. Elle est dépassée uniquement dans la menuiserie lors de la phase 2.

### Evolutions dynamiques des PM<sub>2,5</sub> :

A noter que les encadrés « vert » correspondent aux périodes de découpe et de ponçage qui ont été communiquées au travers des questionnaires d'activités (laissés au menuisier au cours des semaines de mesures).

Figure 21 : Evolution des particules PM<sub>2,5</sub> dans l'Atelier 1 et Habitation 1 durant les phases 1 et 2



Activités pouvant influencer les niveaux de PM<sub>2,5</sub>

Globalement, les niveaux observés lors de la phase 1 sont plus importants qu'au cours de la deuxième phase en lien avec la mise en marche de l'extracteur à particules lors de la phase 2 ce qui a pu diminuer les pics.

Les pics sont visibles lors des horaires d'occupation de la menuiserie notamment lors de la pratique des activités de ponçage et de découpage (encadrés vert). Un pic élevé lors de la phase 1 dans la buanderie (le 13 décembre) est observé mais les indications à notre disposition ne permettent pas de l'expliquer.

## CONCLUSION

---

Dans le cadre d'une étude réalisée en partenariat avec le CNIDEP et avec le soutien de la DREAL dans le cadre du PRSE 3, ATMO Grand Est a réalisé des campagnes de la qualité de l'air à l'intérieur d'une menuiserie. La première campagne, en période hivernale (12/12/2022 au 16/12/2022) correspond à un état des lieux, sans changement au niveau des produits habituellement utilisés et à la non mise en route de l'extracteur à particules. La seconde, en période printanière (13/03/2023 au 17/03/2023), a été réalisée pendant la substitution par des produits moins émissifs (peinture, vitrificateur et colle) et la mise en route de l'extracteur à particules.

Pour cette étude, 4 sites ont été instrumentés : un dans la menuiserie (garage d'une habitation) ; trois dans la partie « habitation » (buanderie, pièce à vivre et chambre).

Les mesures de la qualité de l'air au sein de la menuiserie ont permis de mettre en évidence les éléments suivants :

- **Au niveau des paramètres de confort**, des températures faibles lorsque la porte de garage est ouverte dans la menuiserie lors de la phase 1 mais tout de même conformes en moyenne aux préconisations de l'ADEME. Lors de la phase 2, la température moyenne est faible dans la menuiserie, en lien avec l'utilisation de chauffage moins fréquente. Dans les pièces de l'habitation, peu importe la phase, les températures sont conformes aux préconisations de l'ADEME. Le taux d'humidité est faible en hiver, en lien avec le chauffage, ce qui peut favoriser une sensation de sécheresse gênante sur le plan respiratoire, cutané et oculaire.
- **Le renouvellement d'air**, mesuré par les taux de CO<sub>2</sub>, est satisfaisant pour les deux phases. Les valeurs maximales de CO<sub>2</sub> sont observées lors de la phase 1 avec un dépassement quotidien de la valeur du règlement sanitaire départemental dans la menuiserie (présence de 2 personnes lors de cette phase contrairement à la phase 2). Pour la deuxième phase, la présence d'une seule personne a contribué à une valeur en CO<sub>2</sub> plus faible.
- **Pour le benzène**, quel que soit l'espace considéré, les concentrations sont plus importantes lors de la phase 1 avant remplacement des produits. Les niveaux les plus importants sont observés dans la menuiserie. En phase 2, dite de substitution des produits, les valeurs sont globalement plus faibles et c'est toujours dans la partie menuiserie que les niveaux sont les plus élevés. Les niveaux obtenus dans les pièces sont comparables lors de la phase 1 et inférieures lors de la phase 2 à la moyenne observée dans les logements lors de la campagne nationale effectuée par l'OQAI en 2003-2005.

**Globalement, la valeur limite fixée à 10 µg/m<sup>3</sup> est respectée pour chacune des phases de mesure dans tous les espaces.**

- **Concernant la gamme élargie des COV** mesurés, de fortes concentrations en divers composés essentiellement de la famille des terpènes (limonène, α-pinène, 3-carène) et des hydrocarbures (dodécane, les xylènes, l'éthyl-benzène...) sont observés dans les pièces instrumentées. Ces différents composés sont générés dans la menuiserie en lien avec les activités s'y déroulant (peinture et autres activités) mais des sources internes dans les pièces d'habitation sont également présentes notamment pour le limonène.

Les concentrations à l'**extérieur** sont faibles voire inexistantes (valeurs inférieures à la limite de quantification pour la plupart des composés mesurés).

**Le ratio** de transfert (air intérieur/air extérieur) est globalement supérieur à 1, ce qui traduit une présence majoritaire de sources internes au bâtiment. Le transfert de pollution est plus important lors de la phase 1 (la saison n'étant pas propice à l'aération).

Sur l'ensemble des espaces instrumentés, les **valeurs de référence sont largement respectées pour le toluène, le m+p-xylène et l'éthylbenzène.**

- Pour le **formaldéhyde**, contrairement au benzène, les niveaux de pollution sont plus importants sur la seconde phase. Au vu de ces observations, il apparaît que les **sources en formaldéhyde proviennent de la menuiserie.**

**La valeur guide de 30 µg/m<sup>3</sup> est dépassée dans la menuiserie (présentée à titre indicatif) et l'ensemble des espaces instrumentés respectent, sur chaque phase, la valeur limite (100 µg/m<sup>3</sup>).**

Les concentrations des autres composés, hexaldéhyde, acétaldéhyde, propionaldéhyde, butyraldéhyde et valéraldéhyde sont faibles.

- **Pour les PM<sub>2,5</sub>** les valeurs obtenues sont élevées lors de la phase 1 et supérieures à la valeur repère fixée par le Haut Conseil de Santé Public (14 µg/m<sup>3</sup>) dans les 2 pièces instrumentées (menuiserie et habitation 1). Ceci en lien avec l'extracteur à particules qui n'était pas en route. Les valeurs obtenues lors de la phase 2 sont plus faibles et seule la menuiserie dépasse la valeur repère fixée par le HCSP (mise en route de l'extracteur à particules).
- Les **données dynamiques** obtenues pour les COV totaux, le formaldéhyde et les particules fines PM<sub>2,5</sub> dans la menuiserie et la partie l'habitation 1, mettent en évidence des concentrations parfois importantes dans ces espaces surtout lors de la phase 1. On note que ces pics observés sont bien corrélés avec des activités de la menuiserie (application de peintures, découpe, ponçage, recensées dans le questionnaire) y compris en phase 2 dite de substitution des produits.
- Les techniques de mesure employées ne permettant pas de faire de comparaison directe, à titre indicatif, les résultats obtenus sont inférieurs aux valeurs limites d'exposition professionnelles (benzène, toluène, acétate de butyle, acétate d'éthyle, acétone, n-hexane).

**Cette étude a permis de mettre en évidence que les espaces de menuiserie peuvent faire l'objet d'une pollution spécifique et les espaces attenants d'un transfert des polluants émis dans ces ateliers (par**

leurs activités et le stockage des produits). Les transferts s'avèrent favorisés lorsque les conditions extérieures ne favorisent pas l'aération.

Entre les deux phases de mesures, une amélioration de la qualité de l'air est constatée pour la majorité des composés mesurés excepté pour les COV avec une forte concentration en limonène lors de la phase 2 dans les pièces d'habitation.

Au vu des résultats obtenus, il est conseillé de continuer :

- D'utiliser l'extracteur à particules qui améliore nettement la qualité de l'air intérieur ;
- L'utilisation des produits de substitution ;
- D'améliorer les conditions de stockage des produits qui peuvent dégrader la qualité de l'air environnante notamment dans l'habitation 1 alors même qu'ils ne sont pas utilisés ;
- D'améliorer le renouvellement d'air dans l'habitation 3 servant de stockage de pièces fabriquées par le menuisier ce qui permettrait une diminution des concentrations en polluants dans cette pièce mais également dans l'habitation 1 (forte concentration en limonène).

Au vu des résultats obtenus, il apparaît nécessaire de poursuivre la sensibilisation des professionnels afin de limiter l'impact de leur activité sur la qualité de l'air.



## RATIOS AIR INTERIEUR : BUANDERIE / MENUISERIE

Site	Période	Concentration en µg/m <sup>3</sup>											
		Benzène	Toluène	Ethylbenzène	m+p-Xylène	o-Xylène	Ethylacétate	Acétone	Ethanol	α-Pinène	3-Carène	Limonène	Dodécane
Menuiserie 1	Phase 1	4,5	2,4	1,2	3,9	2,3	<LQ	20,9	<LQ	13,6	7,0	<LQ	55,0
	Phase 2	1,8	2,1	2,4	15,2	8,8	<LQ	<LQ	/	19,1	11,2	23,0	<LQ
Habitat 1 Buanderie	Phase 1	2,1	3,2	1,2	13,3	1,3	15,6	48,1	24,7	39,3	22,9	16,5	72,6
	Phase 2	0,9	3,1	<LQ	16,0	12,0	16,1	10,7	/	57,0	36,4	471	86,7
Ratio	R. Phase 1	0,5	1,3	1,1	3,4	0,6	/	2,3	/	2,9	3,3	/	1,3
	R. Phase 2	0,5	1,4	/	1,1	1,4	/	/	/	3,0	3,3	20,5	/

## RATIOS AIR INTERIEUR : PIECE A VIVRE / MENUISERIE

Site	Période	Concentration en µg/m <sup>3</sup>											
		Benzène	Toluène	Ethylbenzène	m+p-Xylène	o-Xylène	Ethylacétate	Acétone	Ethanol	α-Pinène	3-Carène	Limonène	Dodécane
Menuiserie 1	Phase 1	4,5	2,4	1,2	3,9	2,3	<LQ	20,9	<LQ	13,6	7,0	<LQ	55,0
	Phase 2	1,8	2,1	2,4	15,2	8,8	<LQ	<LQ	/	19,1	11,2	23,0	<LQ
Habitat 2 Pièce à vivre	Phase 1	2,0	2,6	0,8	3,6	1,8	8,1	28,3	49,1	25,9	14,2	20,7	68,2
	Phase 2	1,5	2,7	<LQ	4,3	3,0	5,7	5,5	/	40,7	22,4	220,0	63,2
Ratio	R. Phase 1	0,4	1,1	0,7	0,9	0,8	/	1,4	/	1,9	2,0	/	1,2
	R. Phase 2	0,8	1,3	/	0,3	0,3	/	/	/	2,1	2,0	9,6	/



## ANNEXE 2 : CONCENTRATIONS EN ALDEHYDES

Sites	Périodes	Concentration en $\mu\text{g}/\text{m}^3$						
		Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Hexaldéhyde	Propionaldéhyde	Butyraldéhyde	Benzaldéhyde	Valéraldéhyde
Menuiserie 1	Phase 1	31,2	11,4	18,1	3,0	6,8	0,6	3,1
	Phase 2	44,8	9,4	31,7	3,5	6,7	0,8	4,5
	Moyenne	38,0	10,4	24,9	3,2	6,8	0,7	3,8
Habitation 1	Phase 1	19,6	24,4	20,6	3,2	10,4	0,9	4,8
	Phase 2	24,0	25,0	38,6	4,1	11,6	0,9	7,0
	Moyenne	21,8	24,7	29,6	3,7	11,0	0,9	5,9
Habitation 2	Phase 1	14,0	28,8	12,5	2,6	10,6	0,7	2,8
	Phase 2	17,4	31,6	32,6	4,2	12,5	0,8	6,5
	Moyenne	15,7	30,2	22,5	3,4	11,5	0,7	4,6
Habitation 3	Phase 1	13,4	29,2	12,9	2,7	10,2	0,7	2,9
	Phase 2	17,5	33,7	33,4	4,4	12,7	0,8	6,5
	Moyenne	15,4	31,5	23,1	3,6	11,4	0,7	4,7



# AtMO

## GRAND EST

Metz - Nancy - Reims - Strasbourg

**Air • Climat • Energie • Santé**

Espace Européen de l'Entreprise - 5 rue de Madrid - 67300 Schiltigheim

Tél : 03 69 24 73 73 - [contact@atmo-grandest.eu](mailto:contact@atmo-grandest.eu)

Siret 822 734 307 000 17 - APE 7120 B

Association agréée de surveillance de la qualité de l'air