



## Caractérisation de la qualité de l'air intérieur dans deux garages.

## 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 : *Bérénice JENNESON, ingénieure études, responsable bâtiments*

Relecture : *Christelle SCHNEIDER, ingénieure d'études*

Approbation : *Raphaèle DEPROST, responsable unité Projets*

Référence du modèle de rapport : PROJ-FE-017\_3 (basé sur COM-FE-001\_6)

Référence du projet : MSP-00258

Référence du rapport : PROJ-EN-458\_1

Date de publication : 14/12/2020

### **ATMO Grand Est**

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

Tél : 03 88 19 26 66

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

## SOMMAIRE

RÉSUMÉ.....	4
INTRODUCTION .....	6
<b>1. DESCRIPTIF DES BATIMENTS .....</b>	<b>7</b>
1.1. ETAT DES LIEUX DU CNIDEP ET SELECTION DES GARAGES.....	7
1.2. CARACTERISTIQUES DES BATIMENTS ET ACTIVITES REALISEES.....	8
1.2.1 Le garage mécanique.....	8
1.2.1 La carrosserie.....	8
<b>2. DESCRIPTION DES CAMPAGNES DE MESURE .....</b>	<b>10</b>
2.1. PARAMETRES SUIVIS .....	10
2.2. TECHNIQUES DE MESURE.....	11
2.2.1. Température et humidité relative .....	11
2.2.2. Le dioxyde de carbone.....	11
2.2.3. Tubes à diffusion passive .....	12
2.2.4. La balise Fireflies.....	13
2.2.5. Le pDR-1500.....	13
2.3. STRATEGIE D'ECHANTILLONAGE .....	13
<b>3. STRATEGIE DE COMPARAISON .....</b>	<b>14</b>
3.1. VALEURS DE REFERENCE LONG TERME.....	14
3.1.1. Les paramètres de confort.....	14
3.1.2. Le dioxyde de carbone.....	14
3.1.3. Le benzène et le formaldéhyde .....	15
3.1.4. Les autres composés organiques volatils .....	15
3.1.5. Les PM <sub>2,5</sub> et le NO <sub>2</sub> .....	16
3.2. VALEURS LIMITES D'EXPOSITION PROFESSIONNELLES.....	17
3.3. DONNEES COMPARATIVES.....	18
3.4. TRANSFERT DE POLLUTION.....	18

<b>4. RESULTATS</b> .....	<b>19</b>
4.1. PARAMETRES DE CONFORT ET DE CONFINEMENT .....	19
4.2. LE BENZENE ET LES COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS .....	21
4.2. LE FORMALDEHYDE ET LES ALDEHYDES .....	26
4.3. LE DIOXYDE D'AZOTE .....	27
4.4. LES PM2,5 .....	28
<b>5. CONCLUSION</b> .....	<b>29</b>

## 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 54 dédié à l'environnement) une étude de la qualité de l'air a été effectuée dans **deux garages (un garage mécanique et une carrosserie)**. L'objectif est de déterminer les niveaux pouvant être rencontrés dans les espaces/bureaux d'accueil du public et la présence d'un éventuel transfert de pollution provenant des ateliers. **Deux campagnes de mesures en hiver et en été** ont été effectuées aux dates suivantes :

- Du 17/02 au 21/02/2020 et du 20/07 au 24/07/2020 pour le garage mécanique.
- Du 24/02 au 28/02/2020 et du 27/07 au 31/07/2020 pour la carrosserie.

Pour chaque établissement, trois points de mesures ont été instrumentés : **le bureau d'accueil, l'atelier et un point extérieur**. Une sélection de polluants à mesurer a été effectuée en sélectionnant les principaux composés CMR (cancérigène, mutagène, reprotoxique) pouvant être rencontrés dans les garages.

En ce qui concerne les résultats obtenus pour les paramètres de confort, des températures élevées sont observées dans les espaces lors de la phase estivale. Associées à des taux d'humidité parfois faibles pour le garage mécanique, elles peuvent engendrer des sensations d'inconfort et de sécheresse de l'air. A l'inverse, les taux d'humidité sont parfois élevés dans la carrosserie ce qui peut favoriser le développement de microorganismes.

Le garage mécanique présente des niveaux élevés de CO<sub>2</sub> en phase hivernale témoignant d'un **renouvellement d'air insuffisant**, alors qu'il est favorisé en phase estivale en raison de l'ouverture de la porte principale. Pour la carrosserie, le confinement est modéré.

Certains polluants mesurés tels que les aldéhydes, **les PM2,5 et quelques composés organiques volatils présentent des valeurs faibles** et conformes à ce qui est habituellement observé dans les bureaux. Pour le formaldéhyde, les valeurs moyennes sont modérées et proches de la valeur guide de 30 µg/m<sup>3</sup>.

Dans les deux bureaux d'accueil, plusieurs composés organiques volatils (dont principalement des hydrocarbures) ainsi que le NO<sub>2</sub> ont été mesurés à des concentrations plus élevées que ce qui est habituellement observé dans ce type d'espace. La source des concentrations est principalement liée aux activités effectuées dans les ateliers ainsi qu'aux produits utilisés. Cependant pour le bureau de la carrosserie, la présence de résidus d'essence dans deux engins motorisés a engendré des valeurs plus élevées dans le bureau que dans l'atelier pour le benzène, le toluène et le n-heptane pour la phase hivernale. **La valeur guide de 2 µg/m<sup>3</sup> est dépassée en moyenne annuelle**. L'impact de l'atelier est cependant mis en évidence pour de nombreux composés dont certains spécifiques à la présence d'une cabine de peinture (acétates et acétone). **Les valeurs guides indicatives sont également dépassées pour les deux établissements pour le NO<sub>2</sub> et le m-p xylène**.

Pour le garage mécanique, la porte du bureau est attenante à l'atelier ce qui explique que le transfert de pollution y soit important. Le ratio I/A (concentration intérieure bureau/concentration atelier) est de 0,9 lors de la phase hivernale. En phase été, il est plus modéré (ratio I/A aux alentours de 0,3) en raison de l'aération importante des espaces. Pour la carrosserie, comme le bureau est éloigné de l'atelier le transfert est également modéré (ratio I/A de 0,3).

Les valeurs obtenues dans les ateliers 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 les ateliers restent cependant inférieures à ces valeurs.

Ces résultats mettent en évidence un impact des activités réalisées sur la qualité de l'air intérieur des espaces de vie. De ce fait, il est conseillé de mettre en place une aération importante à la fois des ateliers et des bureaux ce qui permettra de limiter le transfert. Par ailleurs, en lien avec l'étude du CNIDEP, la substitution des produits actuellement utilisés pour des produits moins émissifs permettrait de diminuer l'exposition des personnes présentes dans des espaces contigus aux ateliers tels que des bureaux ou des habitations.

## INTRODUCTION

---

Dans son Programme Régional de Surveillance de la Qualité de l'Air 2017-2021 (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 identifiés pour différents types d'activités artisanales tels que les ongleries, les imprimeries, les pressings, les parfumeries... Parmi elles, on retrouve la mécanique automobile et la carrosserie qui sont génératrices de pollution atmosphériques, que ce soit via les émissions des véhicules ou les produits utilisés. Pour cette étude, ATMO Grand Est, en partenariat avec le CNIDEP, (service de la Chambre de Métiers et de l'Artisanat 54 dédié à l'environnement) et avec le soutien de l'Agence Régionale de Santé dans le cadre du PRSE 3, a réalisé des campagnes de la qualité de l'air intérieur dans deux garages préalablement sélectionnés.

L'objectif de cette étude est d'améliorer les connaissances des acteurs sur les liens entre les activités effectuées dans les garages 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. Pour ce faire, des mesures de la qualité de l'air ont été effectuées au niveau des ateliers et des bureaux d'accueil du public. Ces deux points de mesure par établissement ont permis d'évaluer le transfert entre l'espace de l'activité et les zones de présence du public qui par leur configuration sont représentatives d'un espace d'habitation qui serait contigu au garage.

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 DES BATIMENTS

---

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

Le CNIDEP, 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.

Le 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 deuxième projet de maîtrise du risque chimique dans l'artisanat, le CNIDEP s'est donc adressé aux métiers de la mécanique automobile et de la carrosserie.

Le 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 dans leur entreprise des produits fournis.

Ainsi, le volet 1 fait état de 40 catégories de produits utilisés dans les garages automobiles et carrosseries, pour 229 produits recensés dans un échantillon de ces entreprises. Ce recensement comprend les produits chimiques utilisés par les professionnels, les produits « classiques », et des produits alternatifs, réputés moins nocifs pour la santé et l'environnement, disponibles sur le marché. Une sélection des catégories de produits a été réalisée afin d'analyser seulement les produits les plus pertinents pour ce projet, c'est-à-dire des produits faisant partie du cœur de métier et régulièrement utilisés. 86 produits, dont 40 produits alternatifs, ont donc été hiérarchisés selon leurs risques chimiques. 252 substances chimiques ont été recherchées dans la base de données de l'ECHA, Agence Européenne des produits chimiques. L'analyse approfondie de ces produits a mis en évidence les catégories de produits les plus problématiques : les dégriffants, les diluants de nettoyage (mixte et de produits solvantés), les nettoyeurs freins et les shampoings de carrosserie. Les produits alternatifs les moins nocifs 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 tout au long du projet, à travers des articles dans le Monde des Artisans et du mailing personnalisé, une sensibilisation de 16 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 un garage et une carrosserie. 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. Cette étape a laissé percevoir un manque d'intérêt des professionnels sur les thématiques santé-environnement, qui sont vues comme des contraintes, mais aussi un certain fatalisme quant aux impacts de leurs activités. Des barrières à l'amélioration de la situation comme le coût, l'organisation, le manque de place, les habitudes et la réduction de la productivité ont été décelées.

Enfin, le volet 3 a mobilisé 8 garages qui ont testé 9 produits alternatifs ; produits identifiés lors du volet 1 et envoyés gratuitement par les fournisseurs. Ces tests ont fait l'objet d'une évaluation menée par le CNIDEP, grâce aux retours des artisans et aux analyses de risques des produits, et dont les résultats sont synthétisés dans des fiches produits. Si ces produits alternatifs n'ont pas tous convaincus les professionnels, notamment les produits utilisés en tant que dégraissant frein, certains se sont montrés au moins aussi efficaces, tout en étant peu chers (shampoings de carrosserie).

Une visite conjointe de ces garages avec ATMO Grand a permis de faire un inventaire des différentes typologies en prenant en compte leur localisation, leur configuration et leurs caractéristiques. Suite à ces visites, deux garages ont été sélectionnés pour des mesures de la qualité de l'air. L'un deux présente une activité de mécanique automobile exclusive avec une aire de lavage et le second garage cumule les activités de carrosserie (70%) et de mécanique automobile (30%). Les deux disposent d'une aire de lavage et se situent en zone urbaine.

## 1.2. CARACTERISTIQUES DES BATIMENTS ET ACTIVITES REALISEES

### 1.2.1 Le garage mécanique

Pour le garage mécanique, le public est accueilli au niveau d'un comptoir de l'atelier ainsi que d'un bureau attenant qui communique directement avec l'atelier par le biais d'une porte. Le bureau chauffé électriquement ne dispose pas de système de ventilation. Il comporte du carrelage au sol, de la peinture au niveau des murs, des éléments de mobilier en bois aggloméré ainsi que divers éléments informatiques.

L'atelier assez vaste est chauffé au gaz. Différents produits sont stockés au sein du garage dont notamment du nettoyant frein, des huiles moteur et du liquide de refroidissement. Les activités mécaniques sont réalisées de manière habituelle tous les jours de 7h30 à 10h00 et de 13h30 à 18h00 du lundi au vendredi. L'atelier est équipé d'un dispositif d'extraction des gaz d'échappement.

La porte du bureau est ouverte sur l'atelier environ 1h30 à 3h00 par jour. Environ 1 à 3 personnes y sont présentes selon les différents moments de la journée. Le chauffage a fonctionné pendant la campagne hivernale. A noter que des travaux de remise en état d'un mur extérieur à proximité du bureau ont été réalisés lors de la campagne estivale.



Figure 1 : Comptoir d'accueil



Figure 2 : Atelier du garage mécanique

### 1.2.1 La carrosserie

Pour la partie carrosserie, la zone d'accueil du public n'est pas contiguë à l'atelier. Elle donne cependant sur sa voie d'accès par le biais d'une porte communicante. Le bureau d'accueil du public dans lequel les mesures ont été effectuées est chauffé électriquement et ne comporte pas de système de ventilation. Quelques produits mécaniques ainsi que des engins motorisés sont exposés dans ce bureau. Il est recouvert de carrelage au sol et de peinture au niveau des murs. Des éléments de mobilier en bois aggloméré et du matériel informatique (ordinateurs et imprimante) sont également présents.

En ce qui concerne l'atelier, il est chauffé au fuel, la citerne étant située tout au fond de cet espace. Une cabine de peinture au gaz se trouve au fond à droite de l'atelier. Elle est ventilée par le biais d'une unité d'extraction d'air double flux. La préparation et les mélanges sont effectués dans un espace situé à proximité. Le garage est équipé de dispositifs pour l'aspiration des gaz d'échappement. Les activités de ponçage d'éléments de carrosserie sont effectuées dans l'atelier via des ponceuses équipées d'aspiration. Après application de la peinture certains éléments de la carrosserie sèchent au sein de l'atelier. Différents produits (peintures...) sont stockés au sein de l'atelier ainsi que des produits pour les activités mécaniques. On retrouve notamment du nettoyant freins, du dégrissant, du diluant, du liquide de refroidissement, des nettoyants (shampooing, mousses), de l'apprêt et de la peinture.



Figure 4 : Le bureau et la porte donnant sur la voie d'accès à l'atelier



Figure 3 : Le bureau et la présence de produits et d'engins



Figure 5 : Espace de préparation des peintures



Figure 6 : Cabine de peinture

## 2. DESCRIPTION DES CAMPAGNES DE MESURE

### 2.1. PARAMETRES SUIVIS

Afin d'identifier les polluants spécifiques pouvant être émis dans les garages automobile, un travail de recensement et de bibliographie a été réalisé en prenant notamment en compte les composés CMR (cancérigène, mutagène et reprotoxique).

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

- Les paramètres de confort (température et humidité).
- Le dioxyde de carbone afin de déterminer le renouvellement d'air dans les différents espaces.
- Pour chaque garage, plusieurs **composés organiques volatils** ont été mesurés. Il s'agit des BTEX (Benzène - Toluène - Ethylbenzène - Xylènes) que l'on retrouve dans l'essence, lors de la combustion de carburant (gaz d'échappement) et également dans de nombreux produits chimiques, du fait de leur pouvoir solvant sur les graisses. Les garagistes font partie des professionnels particulièrement exposés. L'éthylbutylether (ETBE), le naphthalène, le dichlorométhane, le n-hexane, le trichloroéthylène, le styrène et le 2-(2-methoxyethoxy)éthanol ont également été mesurés dans les deux garages. Pour la carrosserie, une analyse complémentaire pour l'acétate de butyle, l'acétate d'éthyle et l'acétone a également été réalisée. Le tableau ci-dessous précise les sources de ces composés au sein des activités automobiles. La méthode d'analyse a permis également de déterminer en complément les 5 composés organiques volatils majoritaires au niveau de chaque point de prélèvement. Par ailleurs, des mesures en continu des composés organiques volatils totaux ont également été effectuées.

Tableau 1 : Sources pour les composés organiques volatils

Polluants	Sources
Ethylbutylether (ETBE)	essence
naphthalène	aérosols, graisse et lubrifiants
<b>dichlorométhane</b>	freins filets, colles et pâtes à joint, nettoyage, dégraissage, agent expansion mousse
<b>n-hexane</b>	nettoyant freins, graisse et spray, décapant parebrise
trichloroéthylène	dégraissant pour métaux
styrène	mastic polyester
2-méthoxyethoxy-éthanol	solvant/nettoyant/dégraissant
acétate de butyle	cabines de peinture
acétate d'éthyle	cabines de peinture
acétone	nettoyage des ustensiles peintures

- Les **aldéhydes** qui sont présents dans les gaz d'échappement des moteurs diesels. Le formaldéhyde est la molécule la plus prévalente de la catégorie, l'acétaldéhyde et l'acroléine pouvant être présents dans les gaz d'échappement.
- Le **dioxyde d'azote** lié à la combustion de carburant et émis directement en sortie du pot d'échappement des véhicules ;
- Les particules fines de diamètre inférieur à  $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  qui résultent des combustions incomplètes et sont rejetées par les pots d'échappement. Elles peuvent également provenir des opérations de ponçage des carrosseries dans une moindre mesure.

## 2.2. TECHNIQUES DE MESURE

### 2.2.1. Température et humidité relative



Figure 7 : 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.

### 2.2.2. Le dioxyde de carbone



Figure 8 : Q-trak sonde 980

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. 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
- ✓ Les aldéhydes
- ✓ Le NO<sub>2</sub>

Les tubes passifs de type « Radiello » permettant la mesure des COV et des aldéhydes sont constitués de 2 tubes cylindriques concentriques (Figure 9) : 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 NO<sub>2</sub>, les tubes de type « Gradko » comprennent un seul élément cylindrique bouché à son extrémité (Figure 10).



Figure 9 : Tubes passifs Radiello



Figure 10 : Tubes passifs Gradko

La quantité de molécules piégées dans la cartouche est proportionnelle à leur concentration moyenne 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 µg/m<sup>3</sup>) seront déterminées par analyse différée des échantillons en laboratoire.

- 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 l'Istituto Clinico Scientifico Maugeri situé à Peralolo di Vignozza en Italie pour l'analyse complémentaire de certains COV présents en concentrations plus faibles (NF EN ISO 16017-2).

- Le Laboratoire Interrégional de Chimie 'SYNAIRGIE' situé à Schiltigheim par chromatographie liquide haute performance (HPLC) avec détection par absorption pour les aldéhydes.
- Le laboratoire de chimie Atmo Grand Est à Metz pour l'analyse du NO<sub>2</sub> par dosage colorimétrique selon la norme NF X 43-009.

#### 2.2.4. La balise Fireflies



La station Fireflies®Q.E.I commercialisée par Haeger Services est un boîtier multicateur de mesure 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.

Figure 11 : Balise Fireflies

#### 2.2.5. 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.

Figure 12 : pDR-1500

### 2.3. STRATEGIE D'ECHANTILLONAGE

Pour chaque garage, trois points de mesure ont été sélectionnés : un point dans le bureau/accueil du public, un point au sein de l'atelier et un point extérieur à proximité de l'entrée. Seuls les composés organiques volatils et le NO<sub>2</sub> ont été mesurés à l'extérieur des garages. Par ailleurs, la balise Fireflies qui permet la mesure en continu des composés organiques volatils a été mise en place uniquement au niveau des bureaux d'accueil.

Deux campagnes de mesures à deux saisons distinctes ont été réalisées :

Etablissement	Campagne hivernale	Campagne estivale
Garage mécanique	17/02 au 21/02/2020	20/07 au 24/07/2020
Carrosserie	24/02 au 28/02/2020	27/07 au 31/07/2020

Tableau 2 : Dates de réalisation des campagnes de mesure.

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.

### 3. STRATEGIE DE COMPARAISON

A noter 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. 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. En effet 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 LONG TERME

##### 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>1</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<sup>2</sup>.

##### 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.

<sup>1</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>2</sup> L'Habitat « Un air sain chez soi » Ademe, Edition : mai 2015.

### 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° 2012-14 du 5 janvier 2012 et le décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011<sup>3</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 qui rentreront progressivement en vigueur à partir de 2023 (tableau 1).

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 3 : 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/m <sup>3</sup> à compter du 1 <sup>er</sup> janvier 2023	30 µg/m <sup>3</sup> Depuis le 1 <sup>er</sup> janvier 2015	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 de seuil, à ne pas dépasser extérieur, 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>4</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 HCSP<sup>5</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 moyennes obtenues.

### 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>6</sup>.

<sup>3</sup> Décret n° 2011-1727 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène.

<sup>4</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>5</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

<sup>6</sup> Koistinen K, Kotzias D, Kephelopoulos S et al. (2008). The INDEX project : executive summary of a European Union project on indoor air pollutants. Allergy, 63:810-819.p

Le Haut Conseil de Santé Publique (HCSP) a également proposé des valeurs guides indicatives pour le trichloroéthylène<sup>7</sup> et le tétrachloroéthylène<sup>8</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>9</sup>, le toluène<sup>10</sup> et l'éthylbenzène<sup>11</sup>

Tableau 4 : 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)
éthylbenzène	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 PM<sub>2,5</sub> et le NO<sub>2</sub>

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 en 2010<sup>12</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 au dessus desquelles des actions sont à entreprendre pour améliorer la qualité de l'air intérieur.

Pour les PM<sub>2,5</sub> :

**Afin de prévenir les effets liés à une exposition chronique, le HCSP<sup>13</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 2020 est ainsi fixée à 15 µg/m<sup>3</sup>.
- 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.
- 

7 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.

8 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,

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

10 Proposition de valeurs guides de qualité de l'air intérieur Le toluène, Avis de l'ANSES, Rapport d'expertise collective, avril 2014, Edition scientifique

11 Proposition de valeurs guides de qualité de l'air intérieur L'éthylbenzène, Avis de l'ANSES, Rapport d'expertise collective, octobre 2016, Edition scientifique

12 OMS 2010 WHO Guidelines for indoor air quality : selected pollutants, World Health Organization

<sup>13</sup> Valeurs repères d'aide à la gestion dans des espaces clos : les particules, HSCP, juillet 2013

Pour le NO<sub>2</sub> :

L'ANSES a également établi une valeur guide long terme pour le NO<sub>2</sub><sup>14</sup> fixée à 20 µg/m<sup>3</sup> (tableau 5). Le tableau ci-dessous recense les valeurs de référence en vigueur :

Tableau 5 : Valeurs guides relatives aux PM<sub>2,5</sub> et NO<sub>2</sub>

Valeurs guides pour une exposition long terme		
Polluants	Air intérieur Valeurs Guide	Air Ambiant 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 : 15 µg/m <sup>3</sup> (2020) HCSP Valeur d'action rapide : 50 µg/m <sup>3</sup> (avis de 2013) HCSP	Moyenne annuelle : 25 µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	Long terme : 20 µg/m <sup>3</sup> ANSES	Moyenne annuelle : 40 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 6 : 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

<sup>14</sup> Anses (2013) Propositions de Valeurs Guides de qualité d'Air intérieur, Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>). Février 2013. Avis et rapport, 143 p.

### 3.3. DONNEES COMPARATIVES

Pour les bureaux/espaces d'accueil, les données peuvent être comparées aux données obtenues dans les bureaux dans le cadre du projet Offic'Air. Entre 2010 à 2014, le projet européen OFFICAIR<sup>15</sup> (On the reduction of health effects from combined exposure to indoor air pollutants in modern offices) impliquant 13 partenaires de 8 pays (Espagne, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Italie, Pays-Bas et Portugal), visait à acquérir des connaissances sur la qualité de l'environnement intérieur, la santé et le confort dans les immeubles de bureaux neufs ou réhabilités depuis moins de 10 ans. Les résultats ont été publiés dans le bulletin n°8 de l'OQAI (décembre 2014)<sup>16</sup>.

	ÉTÉ		HIVER	
	Médiane tous immeubles (n=37)	Médiane immeubles français (n=9)	Médiane tous immeubles (n=35)	Médiane immeubles français (n=9)
	0,95	2,2	1,8	1,5
Ethylbenzène	4,7	15	3,3	2,8
Xylènes	1,1	2,7	1,0	0,9
n-hexane	2,5	3,5	2,2	2,2
α-pinène	1,4	3,0	1,2	1,1
Limonène	3,0	3,5	4,3	3,7
Formaldéhyde *	3,9	4,5	16	16
Acétaldéhyde	14	16	7,5	6,4
Propionaldéhyde	6,1	6,3	4,5	3,5
Hexanal	2,4	2,4	1,2	0,9
Dioxyde d'azote	10	12	4,4	4,6
Ozone	16	13	18	19
PM <sub>2,5</sub> **	5,6	1,8	< 0,8	1,9
	9,2	/	16	/

\* : Valeurs guides pour une exposition de longue durée égales à 5 µg/m<sup>3</sup> pour le benzène à compter du 1er janvier 2013 et à 30 µg/m<sup>3</sup> pour le formaldéhyde à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2015 (Décret no 2011-1727 du 2 décembre 2011)

\*\* Les particules n'ont pas été mesurées dans tous les immeubles en raison de contraintes techniques.

Figure 13: Extrait des résultats du projet OFFICAIR (bulletin n°8 de l'OQAI - décembre 2014)

En ce qui concerne les données dans les garages, assez peu d'études de qualité de l'air sont disponibles. En 2001, un article du Laboratoire Central de Paris traite des plaintes liées à des nuisances olfactives provoquées par le pistolage de peintures. Il fait état de la présence de fortes concentrations en acétate de butyle en lien avec des dépassements du seuil olfactif (2000 µg/m<sup>3</sup>).<sup>17</sup>

### 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 I/E qui se déduit directement des mesures réalisées en simultanément à l'intérieur et à l'extérieur sur une durée définie (concentration intérieure/concentration extérieure)<sup>18</sup>. Il caractérise les transferts de polluants en l'absence de source intérieure.

<sup>15</sup> <http://www.officair-project.eu/>

<sup>16</sup> [http://www.oqai.fr/userdata/documents/460\\_Bulletin8\\_QAI\\_Confort\\_Bureaux.pdf](http://www.oqai.fr/userdata/documents/460_Bulletin8_QAI_Confort_Bureaux.pdf)

<sup>17</sup> Nuisances issues d'installations artisanales de peinture - René ALARY, Thierry DEBERLE, Véronique EUDES, Michel SLOIM, Pollution atmosphérique n°171 - juillet-septembre 2001

<sup>18</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

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

A noter que plus le ratio I/A 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. 4.1.1 Température et humidité relative :

Les données de température et d'humidité relative observées durant la semaine de mesure sont présentées dans le tableau ci-après.

Tableau 7 : Statistiques sur la température et l'humidité relative

Site	Pièce	Température en °C			Humidité relative en %		
		Minimum	Maximum	Moyenne	Minimum	Maximum	Moyenne
<b>Campagne hivernale</b>							
Garage mécanique	Bureau accueil	15,1	21,6	<b>18,2</b>	36,1	54,6	<b>47,6</b>
	Atelier	13,8	21	<b>16</b>	36,6	64,5	<b>50,7</b>
Carrosserie	Bureau accueil	19,7	21,4	<b>20,4</b>	48,4	68	<b>60,1</b>
	Atelier	12,5	17,6	<b>14,6</b>	52,7	81,8	<b>62,9</b>
<b>Campagne estivale</b>							
Garage mécanique	Bureau accueil	22,5	29,2	<b>26,2</b>	29,1	52,2	<b>40</b>
	Atelier	22,5	29,9	<b>26</b>	28,2	73	<b>37,5</b>
Carrosserie	Bureau accueil	24,8	28	<b>26,5</b>	37,7	64,3	<b>51,4</b>
	Atelier	23,5	28,9	<b>26,6</b>	36	69,5	<b>44,6</b>

Pour la campagne hivernale, les températures mesurées sont parfois assez faibles dans les ateliers. On relève par exemple 12,5 °C en température minimale dans l'atelier de la carrosserie et 13,8 °C pour l'atelier du garage mécanique. Il s'agit en effet de grands espaces souvent peu chauffés. Pour les bureaux, les températures se situent dans les plages de confort. Dans la carrosserie, **les taux d'humidité mesurés sont parfois assez élevés** que ce soit dans le bureau d'accueil ou dans l'atelier ce qui peut favoriser le développement de moisissures.

Pour la campagne estivale, **les températures relevées dans l'ensemble des espaces sont élevées et supérieures aux préconisations** en lien avec des valeurs fortes à l'extérieur. Les taux d'humidité sont plus faibles en été voire assez bas en ce qui concerne le garage mécanique ce qui peut poser des problèmes en lien avec la sécheresse de l'air.

Les données relatives aux espaces d'accueil ont été reportées au niveau du diagramme de Fauconnier ci-après :

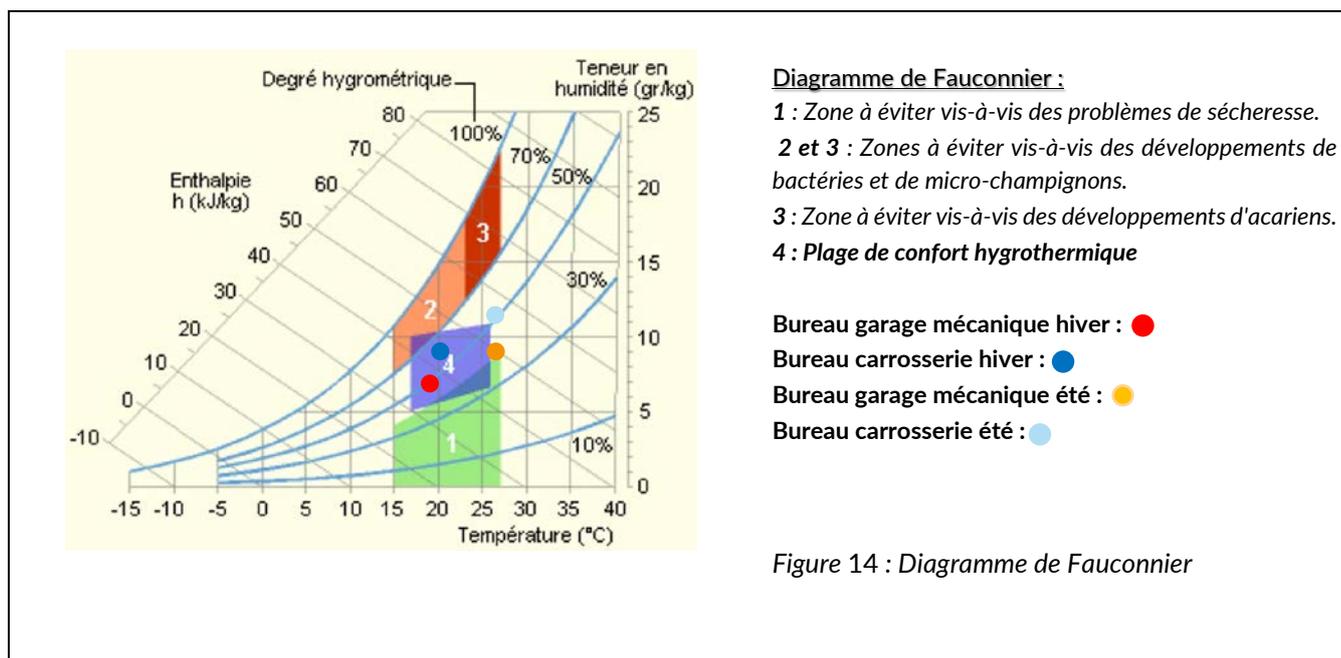


Figure 14 : Diagramme de Fauconnier

Comme l'indique le diagramme, dans les bureaux d'accueil, les points se situent dans la plage de confort hygrothermique hormis pour le garage mécanique en hiver. Pour la campagne estivale, le bureau d'accueil du garage mécanique se trouve à proximité de la zone à éviter vis des problèmes de sécheresse.

#### 4.1.2 Le confinement :

Le tableau ci-après regroupe les différentes teneurs en CO<sub>2</sub> dans les différents espaces.

Tableau 8 : Valeurs obtenues pour le CO<sub>2</sub>

Site	Pièce	Dioxyde de carbone en ppm	
		Moyenne	Maximum
<b>Campagne hivernale</b>			
Garage mécanique	Bureau accueil	910	3229
	Atelier	714	2361
Carrosserie	Bureau accueil	731	1431
	Atelier	677	1409
<b>Campagne estivale</b>			
Garage mécanique	Bureau accueil	407	612
	Atelier	361	722
Carrosserie	Bureau accueil	591	937
	Atelier	469	1456

Les valeurs les plus élevées sont observées lors de la campagne hivernale. Pour cette campagne, les valeurs moyennes sont plus faibles dans la carrosserie que dans le garage mécanique.

Quelques dépassements du seuil de 1000 ppm sont observés dans cet établissement traduisant un confinement faible à modéré. Le graphique ci-dessous représente l'évolution des valeurs en CO<sub>2</sub> dans le garage mécanique lors de la phase hivernale :

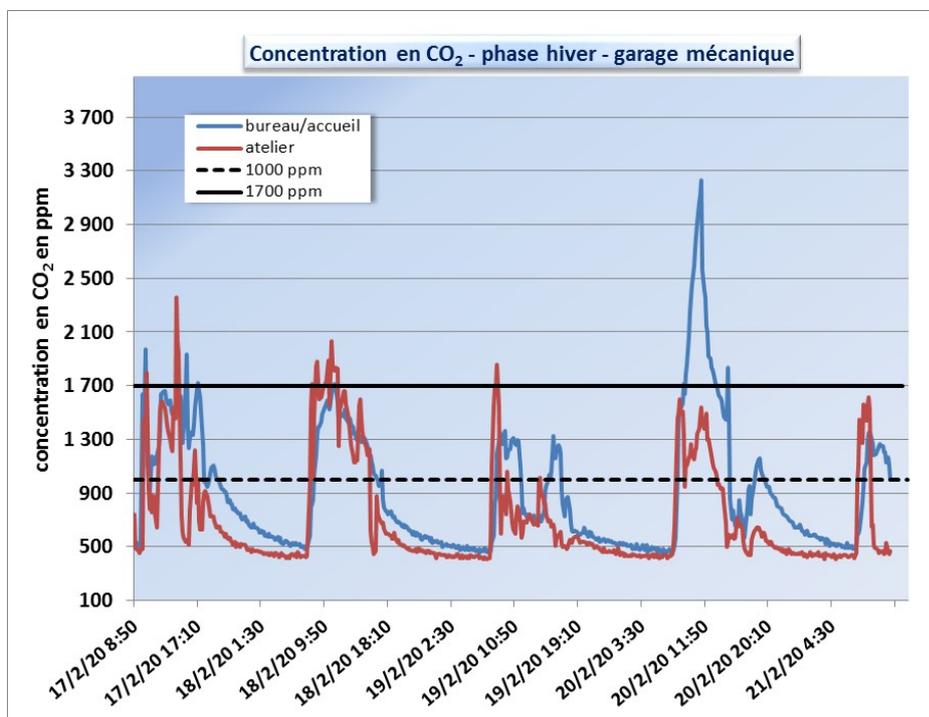


Figure 15 : Evolution du CO<sub>2</sub> dans le garage en période hivernale

Que ce soit dans le bureau d'accueil ou dans l'atelier, les valeurs augmentent très rapidement dès l'arrivée du personnel et des clients et **dépassent pour la majorité du temps la valeur de 1000 ppm pour laquelle un début de confinement est observé**. Quelques pics élevés et largement supérieurs à 1700 ppm ont été enregistrés. Cela traduit un **mauvais renouvellement d'air** dans les différents espaces du garage en période hivernale. Pour la campagne estivale, l'ouverture de la porte du garage est des ouvrants a permis un renouvellement d'air satisfaisant.

## 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 :

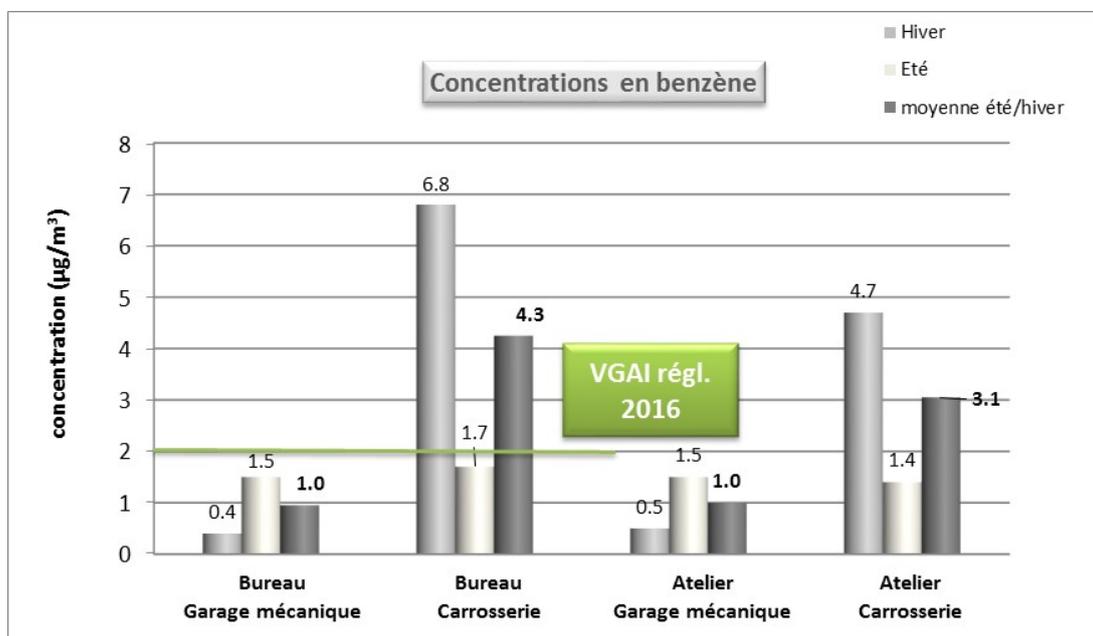


Figure 16 : Concentrations en benzène dans les différents espaces.

Pour le **garage mécanique**, les concentrations dans l'atelier sont faibles. C'est également le cas pour les valeurs dans le bureau qui sont conformes à ce qui habituellement observé dans ces espaces (étude Officair :  $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en hiver et  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en été). Les concentrations obtenues à l'extérieur sont précisées en **annexe 1** et sont globalement similaires aux concentrations intérieures.

Pour le bureau d'accueil de la carrosserie, une concentration de  $6,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a été mesurée lors de la phase hivernale. La moyenne annuelle dans le bureau dépasse la valeur guide de  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pour l'atelier, une valeur assez forte a également été observée en phase hivernale pouvant participer aux teneurs du bureau. Les valeurs à l'extérieur ( $1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en hiver et en été) sont faibles ce qui laisse supposer la présence d'une source dans ces deux espaces. Le ratio I/A (concentration intérieure bureau/concentration atelier) calculé lors de cette campagne est de 1,7 ce qui confirme la présence d'une source dans le bureau qui comporte deux engins motorisés fonctionnant à l'essence. Même si les réservoirs sont vides, ils peuvent contenir des résidus d'essence qui contient du benzène.

#### 4.2.2 Les composés organiques volatils :

Comme de nombreux composés organiques volatils ont été mesurés dans les garages, les résultats ci-dessous sont présentés établissement par établissement :

- Dans le garage mécanique

Parmi les COV mesurés, le trichloréthylène, le dichlorométhane, le naphtalène ont été mesurés à des concentrations inférieures à la limite de quantification. C'est également le cas pour l'ETBE où seule une concentration faible ( $7\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a pu être déterminée en phase estivale dans l'atelier. Le 2-méthoxyéthanol quant à lui présente des concentrations inférieures à la limite de quantification en phase estivale et faibles pour la campagne hivernale ( $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  dans le bureau et  $21\mu\text{g}/\text{m}^3$  dans l'atelier).

Le tableau ci-dessous précise les concentrations obtenues pour les autres composés organiques volatils :

Tableau 9 : Concentrations obtenues pour les composés organiques volatils dans le garage mécanique

Site	Campagne	Concentration en $\mu\text{g}/\text{m}^3$					
		Toluène	Ethylbenzène	m-p xylène	o-xylène	Styrène	n-hexane
Bureau/accueil	Hiver	22	177	672	270	2,6	194
	Eté	14	56	300	63	1,9	63
	Moyenne	18	117	486	167	2,3	129
Atelier	Hiver	23	190	705	274	15	203
	Eté	44	162	876	176	6,2	168
	Moyenne	34	176	790	225		186

Les concentrations obtenues dans le bureau sont élevées en ce qui concerne l'éthylbenzène, le m-p xylène, l'o-xylène et le n-hexane et **largement supérieures aux valeurs obtenues lors de la campagne Officair**. La valeur guide indicative de  $200\mu\text{g}/\text{m}^3$  est notamment dépassée pour le m-p xylène. Elles sont plus faibles pour le styrène et le toluène. Par ailleurs, pour tous les polluants, les concentrations diminuent fortement lors de la campagne estivale.

La plupart de ces composés ont fait l'objet d'une mesure extérieure pour laquelle les résultats sont présentés en **annexe 1**. Les concentrations obtenues à l'intérieur de l'établissement sont faibles. A titre d'exemple la plus forte concentration obtenue s'élève à  $11\mu\text{g}/\text{m}^3$  et concerne le m-p xylène en phase hivernale.

Le **nettoyant frein utilisé dans le garage contient des xylènes et de l'éthylbenzène** ce qui peut expliquer les fortes concentrations observées. Ces composés sont également présents dans les **gaz d'échappement** et dans certains produits tels que les graisses. Le n-hexane quant à lui se trouve dans les nettoyants freins, les graisses et les différents sprays.

Le laboratoire d'analyse a également mis en évidence la présence de composés majoritaires à des concentrations également très élevées (environ  $400$  à  $800\mu\text{g}/\text{m}^3$  en fonction des composés en phase hivernale) et détaillées en **annexe 2**. Il s'agit notamment de dérivés de l'hexane à savoir le 2-méthyl-hexane, le 3-méthyl-hexane, le cyclohexane-méthyl et le cyclohexane (campagne hivernale). On retrouve également de l'heptane et de l'acétone, produit généralement utilisé pour le nettoyage des ustensiles et accessoires.

Si l'on compare les concentrations obtenues dans l'atelier à celles du bureau pour les deux campagnes et que l'on calcule le ratio I/A dont les résultats sont détaillés en **annexe 3**, ce dernier s'élève de **0,93 à 0,99** pour la campagne hivernale et de **0,32 à 0,44** pour la campagne estivale en fonction du polluant considéré.

Cela signifie que le transfert de pollution est important en période hivernale et qu'il a été plus faible en été grâce à un renouvellement d'air important au niveau des différents espaces. L'ouverture de la porte principale du garage pendant la réalisation des activités a notamment pu permettre de limiter le transfert vers les espaces attenants.

Cela est confirmé par le graphique ci-après qui présente l'évolution des COV totaux en phase hivernale et estivale :

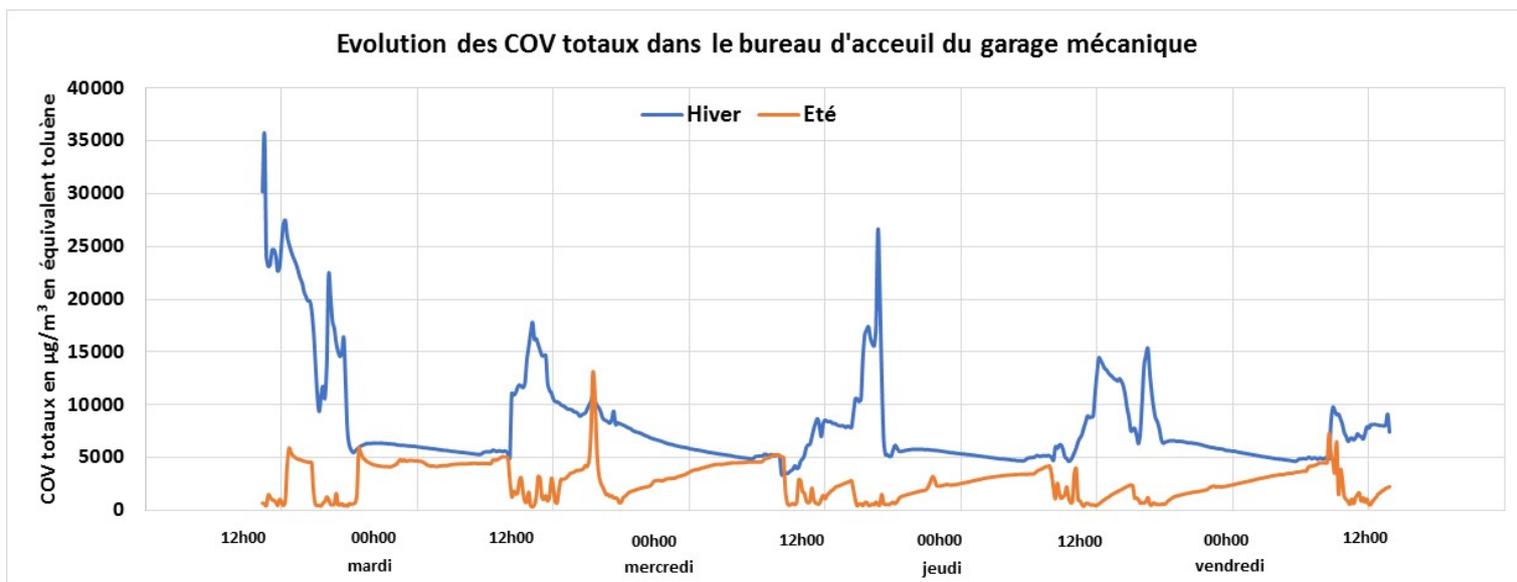


Figure 17 : Evolution des COV totaux dans le garage mécanique.

En effet, l'été, les niveaux sont nettement plus faibles qu'en hiver. Pour les deux campagnes, différents pics sont observés à certains moments de la journée en lien avec les activités mécaniques réalisées dans l'atelier.

- Dans la carrosserie :

Pour la carrosserie, les mêmes composés que dans le garage mécanique ont été recherchés auxquels s'ajoutent 3 composés spécifiques à savoir le butyl-acétate, l'éthyl-acétate et l'acétone.

Parmi les polluants mesurés, certains ont présenté des valeurs inférieures à la limite de quantification et ne sont pas présents dans le garage. Il s'agit du 2-méthoxyéthanol, du trichloréthylène et du naphthalène.

Tableau 10 : Concentrations obtenues pour les composés organiques volatils mesurés dans la carrosserie

Site	Campagne	Concentration en µg/m <sup>3</sup>										
		Toluène	Ethylbenzène	m-p xylène	o-xylène	Styrène	n-hexane	ETBE	Dichlorométhane	Butyl-acétate	Ethyl-acétate	Acétone
Bureau/ accueil	Hiver	424	69	<b>228</b>	81	<LQ	73	93	10	65	59	19
	Eté	50	92	<b>383</b>	75	<LQ	28	10	88	224	136	20
	Moyenne	237	81	<b>306</b>	78	-	50	51	49	144	97	20
Atelier	Hiver	116	197	<b>694</b>	237	16	36	16	32	337	336	118
	Eté	155	283	<b>1265</b>	231	13	77	31	129	736	460	84
	Moyenne	136	240	<b>980</b>	234	15	57	23	81	537	398	101

Comme pour le garage mécanique, on retrouve des concentrations élevées dans le bureau d'accueil et supérieures à ce qui habituellement observé dans les espaces intérieurs. **La valeur guide indicative est également dépassée en ce qui concerne le m-p-xylène.** Les concentrations mesurées à l'extérieur (**annexe 1**) sont faibles et largement inférieures aux niveaux observés dans le garage.

Le toluène, l'ETBE, le n-hexane et le benzène présentent lors de la campagne hivernale, des concentrations plus élevées dans le bureau que dans l'atelier. Pour l'ETBE, la valeur y est près de 6 fois plus importante (ratio I/A de 5,8). L'ETBE est un traceur de l'essence et sa présence dans le bureau ainsi que celle de toluène et du benzène (4.2.1) s'explique par la présence de deux motos dans l'espace. Pour la campagne estivale, les valeurs sont plus modérées ce qui peut s'expliquer par une aération plus importante de la pièce.

Comme pour le garage mécanique, **les xylènes et l'éthylbenzène sont largement présents** dans la carrosserie. Les xylènes sont présents dans la composition de plusieurs produits utilisés tels que les peintures, les sprays de finition, le nettoyant freins et le diluant (qui comporte également de l'éthylbenzène). Ils peuvent également être générés par le biais des pots d'échappement et par l'utilisation de nettoyants/dégraissants. Pour ces composés, le ratio I/A (concentration intérieure bureau/concentration dans l'atelier) se situe aux alentours de 0,3 que ce soit pour la campagne estivale ou la campagne hivernale (**annexe 3**). C'est également le cas pour le toluène, l'ETBE et le n-hexane en phase estivale. Le positionnement du bureau à distance de l'atelier permet de limiter le transfert de pollution. Le dichlorométhane avec un ratio de 0,7 en phase estivale est concerné par un transfert plus important.

Les peintures et les sprays utilisés contiennent également des **acétates et de l'acétone** (uniquement dans le spray) que l'on retrouve à des concentrations relativement élevées dans la carrosserie et dont une partie se transfère dans le bureau malgré son éloignement. La présence de dichlorométhane peut être liée à diverses opérations telles que le dégraissage, le nettoyage... Pour les acétates et l'acétone, composés essentiellement produits au niveau de la cabine de peinture située au fond de l'atelier à distance du bureau, les ratios sont plus faibles, et se situent entre 0,16 et 0,19 pour la campagne hivernale et 0,24 et 0,30 pour la campagne estivale

Les **composés majoritaires observés dans la carrosserie diffèrent en fonction de la phase de mesure.** Pour la phase hivernale, il s'agit de butane, de pentane et de dérivés du pentane généralement contenus dans les solvants. Pour la phase estivale, on observe comme pour le garage mécanique de l'heptane et de nombreux dérivés de l'hexane. La présence de triméthylbenzène (contenu dans le diluant mixte utilisé dans le garage) a également été mise en évidence.

Le graphique ci-après présente l'évolution des COV totaux pour les deux phases de mesures.

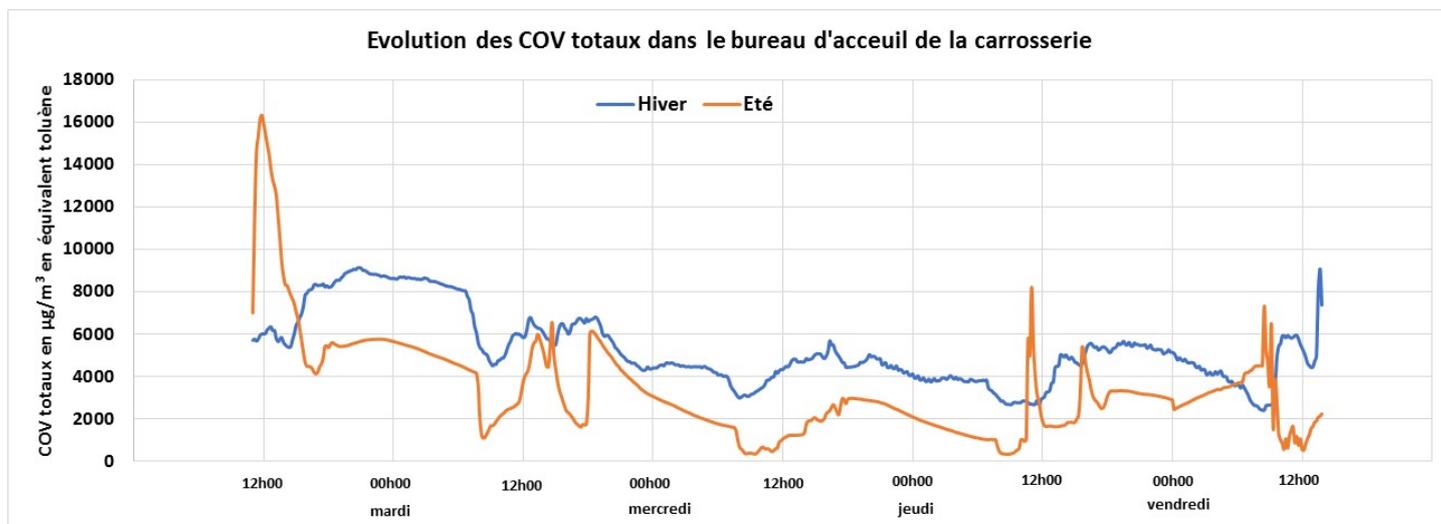


Figure 18 : Evolution des COV totaux dans le garage mécanique.

Les concentrations estivales sont un peu plus faibles qu'en hiver mais hormis quelques pics plus marqués en été en lien avec la réalisation des activités, l'évolution des concentrations est similaire.

## 4.2. LE FORMALDEHYDE ET LES ALDEHYDES

### 4.1.2 Dans les bureaux d'accueil :

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

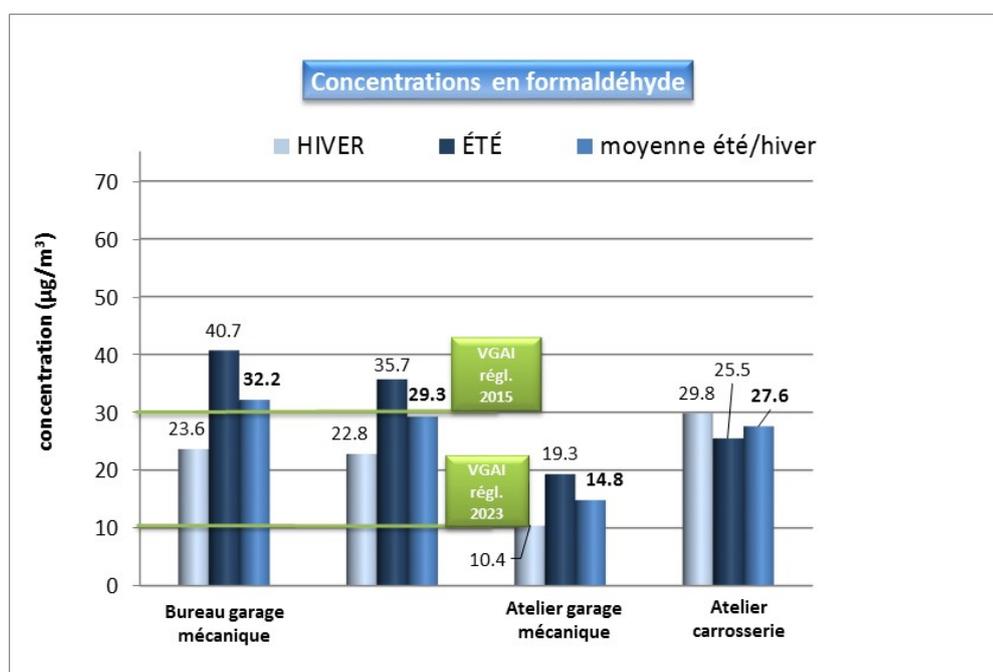


Figure 19 : Concentrations en formaldéhyde dans les garages.

Les concentrations mesurées dans les deux garages sont modérées et supérieures à ce qui est habituellement mesuré dans des locaux de type bureaux puisqu'en moyenne  $7,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (hiver) et  $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (été) ont été observées lors de la campagne Officair. Les moyennes annuelles restent sensiblement équivalentes à la valeur guide de  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et la valeur limite de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  n'est pas dépassée. Pour le garage mécanique, les concentrations mesurées dans l'atelier sont près de deux fois inférieures à celle dans le bureau avec un ratio I/A supérieur à 2 pour les deux campagnes. Pour la carrosserie elles sont équivalentes. Au vu de ces observations, il apparaît que les **sources en formaldéhyde ne proviennent pas spécifiquement de l'atelier** et seraient plutôt liées à des origines diffuses (mobilier, entretien...) dans les bureaux. Les concentrations obtenues pour les autres aldéhydes sont faibles et présentées en **annexe 4**.

#### 4.3. LE DIOXYDE D'AZOTE

Le graphique ci-après présente les concentrations en dioxyde d'azote mesurées dans les différents espaces.

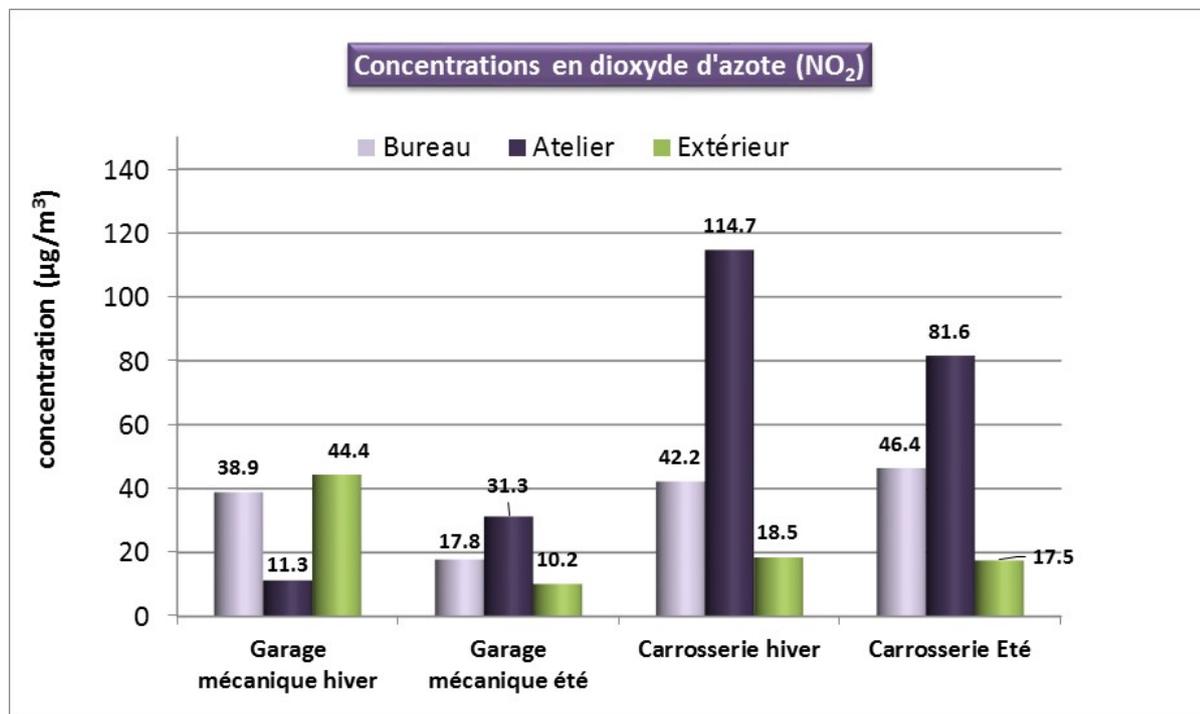


Figure 20 : Concentrations en dioxyde d'azote dans les garages.

Pour les deux établissements, les valeurs observées sont plus élevées que les résultats obtenus lors de la campagne Officair ( $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en hiver et  $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en été).

En ce qui concerne le garage mécanique, pour la campagne hivernale, la concentration mesurée dans le bureau est largement supérieure à celle de l'atelier. La concentration extérieure est sensiblement plus élevée et le NO<sub>2</sub> présent à l'extérieur constitue la source la plus probable de NO<sub>2</sub> dans cet espace. Pour la campagne estivale, on retrouve une concentration plus élevée dans l'atelier que dans le bureau et à l'extérieur.

La moyenne annuelle en NO<sub>2</sub> dans le garage mécanique s'établit à 28,4 µg/m<sup>3</sup> dans le bureau et dépasse la valeur guide indicative de 20 µg/m<sup>3</sup>.

Pour la carrosserie, les concentrations en NO<sub>2</sub> dans l'atelier sont nettement plus élevées que dans les bureaux et qu'à l'extérieur. Le ratio de transfert I/A est de 0,37 en hiver et 0,57 en été. Il est plus important que pour les autres polluants. A noter cependant que les passages des véhicules à proximité du bureau peuvent également contribuer aux valeurs obtenues. **La moyenne annuelle dans le bureau s'élève à 44,3 µg/m<sup>3</sup> et dépasse la valeur guide indicative de 20 µg/m<sup>3</sup>.**

#### 4.4. LES PM<sub>2,5</sub>

En raison du débranchement des appareils de mesures, les données obtenues au niveau des ateliers sont incomplètes. Le tableau ci-dessous précise les valeurs moyennes obtenues dans les bureaux :

Tableau 11 : Concentrations obtenues pour les PM<sub>2,5</sub> mesurés dans la carrosserie

Site	Pièce	PM <sub>2,5</sub> en µg/m <sup>3</sup>	
		Moyenne	Maximum
Garage mécanique	Hiver	7,8	68,7
	Été	4,4	13,4
Carrosserie	Hiver	1,9	11,9
	Été	4	36,1

Les valeurs mesurées pour les PM<sub>2,5</sub> sont relativement faibles et conformes à ce qui habituellement mesuré dans les bureaux (16 µg/m<sup>3</sup> en hiver et 9,2 µg/m<sup>3</sup> en été pour la campagne Officair). Les valeurs de référence sont respectées. Quelques pics restant cependant à des niveaux modérés sont cependant observés.

Bien que les données obtenues dans les ateliers soient partielles, elles mettent en évidence des concentrations parfois importantes dans ces espaces. Cela est illustré par le graphique ci-dessous :

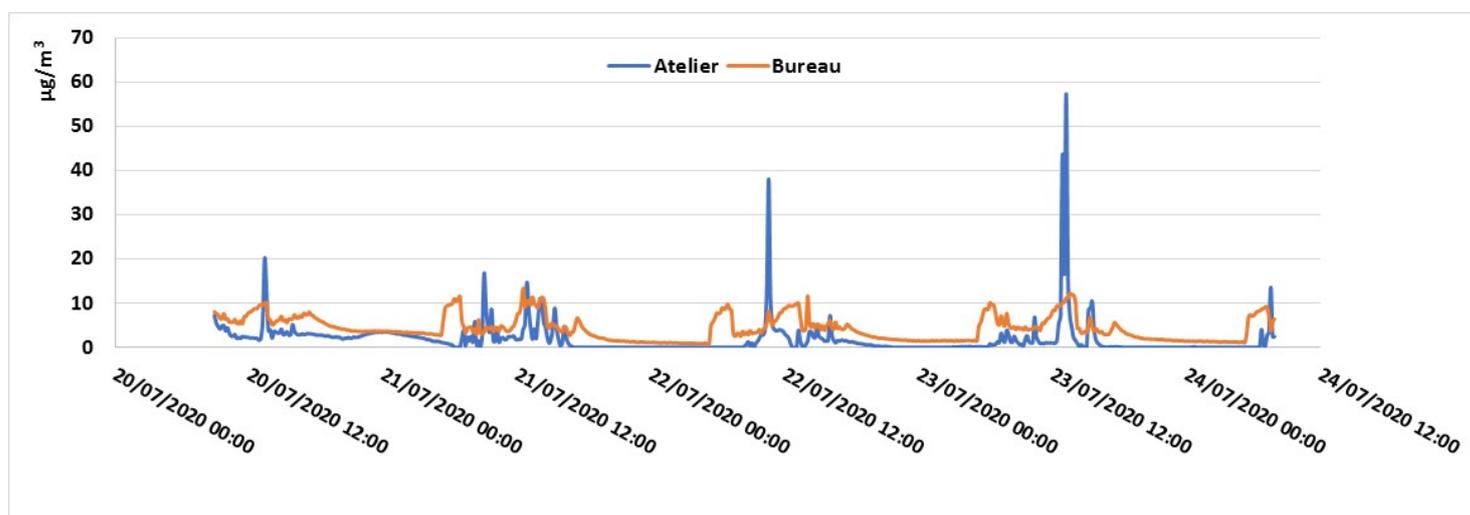


Figure 21 : Evolution des PM<sub>2,5</sub> dans le garage mécanique en période estivale.

## 5. CONCLUSION

---

Les mesures de la qualité de l'air au sein de deux garages (un garage mécanique et une carrosserie) ont permis de mettre en évidence les éléments suivants :

- Les températures sont conformes aux préconisations de l'Ademe en hiver dans les bureaux mais élevées en été en raison des fortes températures extérieures. Elles peuvent combinées à des taux d'humidité faibles dans le garage mécanique et élevées dans la carrosserie conduire à des sensations d'inconfort.
- Le renouvellement d'air est insuffisant dans le garage mécanique pour la phase hivernale. Pour la phase estivale l'ouverture de la porte principale a favorisé un meilleur renouvellement de l'air. Quelques pics de CO<sub>2</sub> sont observés dans la carrosserie notamment en hiver mais le confinement reste faible à modéré.
- Pour le benzène, les concentrations sont faibles et conformes à ce qui est habituellement mesuré dans des locaux de même typologie (étude OFFICAIR) pour le bureau d'accueil du garage mécanique. Pour la carrosserie, la moyenne dans le bureau d'accueil s'élève à 4,3 µg/m<sup>3</sup> et est **supérieure à la valeur guide de 2 µg/m<sup>3</sup> dans le bureau d'accueil**. Cela s'explique par la présence de deux engins motorisés contenant des résidus d'essence.
- Pour ce bureau, la présence d'essence en période hivernale est également à l'origine de concentrations plus élevées pour l'ETBE (traceur de l'essence), le toluène et le n-hexane dans le bureau que dans l'atelier. Les valeurs sont plus faibles en été. De fortes concentrations en divers composés organiques volatils (xylènes, éthylbenzène, acrylates, acétone, heptane et ces dérivés, pentane et ces dérivés...) sont observées dans le bureau de la carrosserie et témoignent d'une pollution spécifique. En effet, ces différents composés sont générés dans l'atelier en lien avec les activités de peinture et la présence de divers produits. Les concentrations à l'extérieur sont faibles. Le ratio de transfert s'approche de 0,3 pour une majorité de composés ce qui indique que le transfert reste modéré en raison de l'éloignement du bureau par rapport à l'atelier. La valeur guide indicative pour le m-p xylène est dépassée dans le bureau d'accueil.
- Pour le garage mécanique, le transfert est important en phase hivernale en l'absence d'aération avec un ratio d'environ 0,9. Divers composés liés aux activités mécaniques et aux produits utilisés ont été mis en évidence dont notamment des **hydrocarbures** (éthylbenzène, xylènes, hexane et ces dérivés). Pour la phase estivale, les niveaux de concentrations dans le bureau sont moins importants grâce à l'ouverture de la porte de l'atelier permettant de limiter le transfert. Comme pour la carrosserie, la moyenne annuelle en m-p xylène dépasse la valeur guide indicative de 200 µg/m<sup>3</sup>.
- Pour les aldéhydes et les PM<sub>2,5</sub> les valeurs obtenues sont faibles et conformes à ce qui est habituellement mesuré dans des locaux de bureaux. Les concentrations en formaldéhyde s'approchent cependant de la valeur guide de 30 µg/m<sup>3</sup> en lien avec des sources diffuses.

- Pour le NO<sub>2</sub>, les moyennes mesurées dans les deux établissements dépassent la valeur guide indicative de 20 µg/m<sup>3</sup>. Pour le garage mécanique un apport à la fois de l'air extérieur et de l'atelier est observé en fonction de la phase de mesure. Pour la carrosserie, les valeurs en NO<sub>2</sub> sont élevées dans l'atelier. Les gaz d'échappement qui y sont générés, cumulés à ceux de la voie d'entrée de l'atelier située à proximité, participent aux niveaux rencontrés dans le bureau.
- A titre indicatif, la technique de mesure employée ne permettant de faire de comparaison directe, les valeurs mesurées dans les ateliers, sont inférieures aux valeurs limites d'exposition professionnelles.

Au vu des résultats obtenus, il est conseillé en ce qui concerne la carrosserie de déplacer les engins motorisés présents. Par ailleurs, une meilleure ventilation des locaux permettrait de limiter l'impact de l'atelier. C'est également le cas pour le garage mécanique, notamment lors de la campagne hivernale. En lien avec l'étude du CNIDEP, la substitution des produits les plus émissifs favoriserait une baisse significative des niveaux rencontrés à la fois dans les ateliers et les espaces à proximité.

**Cette étude a permis de mettre en évidence que les espaces attenants aux ateliers des garages tels que des bureaux ou des habitations peuvent faire l'objet d'une pollution spécifique en lien avec un transfert des polluants émis. Ce dernier est cependant variable en fonction du polluant concerné et moins important lorsque les pièces ne sont pas contiguës.**

## ANNEXE 1

### CONCENTRATIONS EXTERIEURES POUR LES COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS

Site	Campagne	Concentration en µg/m <sup>3</sup>								
		n-hexane	trichloroéthylène	benzène	toluène	éthylbenzène	m-p-xylène	o-xylène	ETBE	2-méthoxyéthanol
Garage mécanique	Hiver	2	<LQ	0,8	1	3,2	11	4,5	<LQ	<LQ
	Eté	3,5	<LQ	0,6	1,4	2,2	7,8	3,4	0,2	<LQ
	Moyenne	2,8	-	0,7	1,2	2,7	9,4	4	-	-
Carrosserie	Hiver	0,8	<LQ	1,3	1,3	1,6	5,6	2,5	0,5	<LQ
	Eté	3,5	<LQ	1,3	1,3	4,7	15	6,3	0,4	<LQ
	Moyenne	2,1	-	1,3	1,3	3,8	10,3	4,4	0,5	-

<LQ : inférieur à la limite de quantification

## ANNEXE 2

### CONCENTRATIONS OBTENUES POUR LES COMPOSES MAJORITAIRES

Site	Campagne	Concentration en $\mu\text{g}/\text{m}^3$				
		Hexane, 2-méthyl-	Cyclohexane	Hexane, 3-méthyl-	Heptane	Cyclohexane, méthyl-
Bureau garage mécanique	Hiver	509	313	448	830	848
	Eté	81	-	83	95	201
	Moyenne	295	-	265	462	525
Atelier garage mécanique	Hiver	520	333	463	882	901
	Eté	207	-	212	232	544
	Moyenne	364	-	338	557	722

Site	Campagne	Concentration en $\mu\text{g}/\text{m}^3$					
		Hexane, 2-méthyl-	Butane-2-méthyl-	Hexane, 3-méthyl-	Heptane	Cyclohexane, méthyl-	Pentane
Bureau carrosserie	Hiver	-	139	-	-	-	81
	Eté	203	-	230	13	40	31
	Moyenn	-	-	-	-	-	56
Atelier carrosserie	Hiver	-	202	-	-	-	37
	Eté	508	-	551	44	123	106
	Moyenn	-	-	-	-	-	71

Site	Campagne	Concentration en $\mu\text{g}/\text{m}^3$						1,2,4-trimethylbenzene
		Pentane, 2,3-diméthyl-	Pentane, 2,2,4-triméthyl-	Famille Ethyltoluène	Famille Triméthylbenzène	Methylcyclopentane	3-ethylpentane	
Bureau carrosserie	Hiver	25	129	61	89	-	-	-
	Eté	-	-	-	-	22	30	13
	Moyenne	-	-	-	-	-	-	-
Atelier carrosserie	Hiver	64	39	39	52	-	-	-
	Eté	-	-	-	-	56	73	55
	Moyenne	-	-	-	-	-	-	-

## ANNEXE 3

### VALEURS OBTENUES POUR LE RATIO I/A

	Garage mécanique hiver	Garage mécanique été	Carrosserie hiver	Carrosserie été
NO2	3,44	0,57	0,37	0,57
Benzène	0,73	1,50	1,74	0,39
Toluène	0,94	0,32	3,66	0,32
Ethylbenzène	0,93	0,35	0,35	0,33
m+p Xylène	0,95	0,34	0,33	0,30
O Xylène	0,99	0,36	0,34	0,32
Naphtalène	0,99	-	1,02	-
ETBE	0,99	-	5,86	0,31
Dichlorométhane	0,99	-	0,30	0,69
Hexane	0,96	0,37	1,99	0,37
Hexane, 2-méthyl-	0,98	0,39	-	0,40
Cyclohexane	0,94	-	-	-
Hexane, 3-méthyl-	0,97	0,39	-	0,42
Heptane	0,94	0,41	-	0,30
Cyclohexane, méthyl-	0,94	0,37	-	0,32
Styrène	-	-	0,14	-
Butyl acétate	-	0,32	0,19	0,30
Ethyl acétate	-	-	0,18	0,29
Acétone	-	0,35	0,16	0,24
2-(2-méthoxyéthoxy)éthanol	-	-	1,02	-
Tetrahydrofuran	-	-	1,02	-
Butane, 2-méthyl-	-	-	1,46	-
Pentane	-	0,44	2,23	0,29
Pentane, 2,3-diméthyl-	-	-	0,38	-
Pentane, 2,2,4-triméthyl-	-	-	3,28	-
Famille Ethyltoluène	-	-	1,58	-
Famille Triméthylbenzène	-	-	1,69	-
Methylcyclopentane	-	0,37	-	0,39
3-ethylpentane	-	0,37	-	0,41
1,2,4-trimethylbenzene	-	-	-	0,24
Formaldéhyde	2,27	2,11	0,76	1,40
Acétaldéhyde	1,35	1,44	0,77	1,16
Hexaldéhyde	4,52	3,33	1,62	2,56
Propionaldéhyde	1,09	0,84	0,68	0,80
Butyraldéhyde	1,32	1,51	0,77	0,72
Benzaldéhyde	2,63	2,70	1,09	1,28
Valéraldéhyde	3,52	2,83	1,92	2,42

## ANNEXE 4

### CONCENTRATIONS OBTENUES POUR LES ALDEHYDES

Garage mécanique

Site	Campagne	Concentration en $\mu\text{g}/\text{m}^3$					
		Acétaldéhyde	Hexaldéhyde	Propionaldéhyde	Butyraldéhyde	Benzaldéhyde	Valéraldéhyde
Bureau	Hiver	8,4	15,3	3,2	5,5	1,6	2
	Eté	18,2	29	5,5	14,8	1,6	5
	Moyenne	13,2	22,1	4,3	10,2	1,6	3,4
Atelier	Hiver	6	3,4	2,9	4,1	0,6	0,7
	Eté	12,6	8,7	6,5	9,9	0,6	1,7
	Moyenne	9,4	6,1	4,7	7	0,6	1,2



Air • Climat • Energie • Santé

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

Tél : 03.88.19.26.66 - [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