



Surveillance de la qualité de l'air en région Centre

Première évaluation de la qualité de l'Air intérieur dans des bâtiments à usage de bureaux

Etat des lieux au siège de



Mars-juin 2012

Rapport final

Lig'Air 2012-QAI-2518

Août 2012

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

3 rue du Carbone - 45 100 ORLEANS

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

Table des matières

1. Introduction.....	3
2. La qualité de l'air intérieur.....	3
3. Présentation de l'étude	8
3.1. Situation	8
3.2. Périodes d'échantillonnage.....	10
3.3. Paramètres suivis	11
3.3.1. Le formaldéhyde	11
3.3.2. Les particules fines.....	12
3.3.3. Les paramètres de confort.....	12
3.3.4. Les paramètres de confinement.....	13
4. Résultats.....	13
4.1. Le formaldéhyde	13
4.2. Les particules fines.....	16
4.3. Les paramètres de confinement.....	18
4.4. Les paramètres de confort	19
5. Conclusion	22
6. Annexes	24

1. Introduction

Les bâtiments à usage de bureaux font aujourd'hui partie des lieux clos dans lesquels la qualité de l'air est encore peu investiguée. En comparaison avec l'habitation individuelle, ils peuvent contenir une forte densité de mobilier (bureau en particulier), occupés par un grand nombre de personnes et fréquentés par le public. La multiplicité d'occupants, et donc de comportements, est une difficulté supplémentaire dans la compréhension et la caractérisation de la qualité de l'air dans ces bâtiments.

Afin de mieux connaître la qualité de l'air respirée dans ses bureaux et de sensibiliser son personnel à cette problématique, la communauté d'agglomération Tour(s)Plus a fait appel à Lig'Air pour effectuer un état des lieux de ses propres locaux.

A l'heure actuelle, aucune étude consacrée à la caractérisation de la qualité de l'air intérieur dans des bâtiments à usage de bureaux accueillant du public n'a été réalisée en région Centre. Cette étude est donc une première dans la région.

La campagne a été menée en étroite collaboration avec les services de Tour(s)Plus et sa réalisation a été facilitée par l'implication de Madame Florence FRESNAULT et Madame Sophie LEGLAND.

2. La qualité de l'air intérieur

Les premières recherches sur la qualité de l'air intérieur débutent dans les années 70. En 1984, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) reconnaît le « Sick Building Syndrome » (SBS) ou « syndrome des bâtiments malsains » comme une série de symptômes inexplicables ressentis par les occupants d'un bâtiment, et que 30% de ces locaux pouvaient être concernés [1].

En France, la prise en compte de la qualité de l'air intérieur est très récente. L'un des points de départ a été donné par la création de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) par le ministère du logement en juillet 2001. Son but est de participer à une meilleure compréhension de cet air, car contrairement à la pollution extérieure, étudiée et réglementée depuis de nombreuses années, celle de l'intérieur des bâtiments est assez peu connue et ne fait l'objet que de peu de réglementations. Seule une série de valeurs guides des principaux polluants rencontrés dans l'air intérieur est proposée par l'Anses (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) et le Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP).

Depuis décembre 2011, un décret [2] instaure de manière progressive l'obligation de surveiller périodiquement la qualité de l'air intérieur dans les Etablissements Recevant du Public (ERP) avec des directives sur des valeurs-guides pour certains polluants (benzène, formaldéhyde). Cette obligation devra être satisfaite avant le 1^{er} janvier 2015 pour les établissements d'accueil collectif d'enfants de moins de 6 ans (dont les écoles maternelles), puis sera étendue à l'ensemble des ERP au 1^{er} janvier 2023.

De précédentes études menées par le réseau d'associations agréées de surveillance de la qualité de l'air au sein de logements privés, ou comme le projet « AICOLE » (caractérisation de la qualité de l'Air à l'Intérieur des éCOLEs) réalisé par Lig'Air en 2009 dans 27 écoles de la région Centre ont montré que les concentrations de certains polluants dans l'air intérieur pouvaient être supérieures à celles rencontrées à l'extérieur. Ce qui accorde une importance d'autant plus grande à la qualité de l'air intérieur, puisqu'il est estimé que nous passons en moyenne plus de 80% de notre temps dans des environnements clos.

Respiration normale :
0,5 litre d'air

Pour un adulte :
16 respirations/minute

Environ 12 000 litres respirés par jour.

source : www.liguepulmonaire.ch

Les sources de pollution de l'air intérieur sont nombreuses, diverses et variées. Le schéma 1 propose une partie des polluants que l'on peut retrouver dans une habitation privée.

On remarque que la pollution est susceptible d'être émise par le mobilier, les activités que l'on pratique à l'intérieur et également par le bâtiment lui-même (matériaux de construction). L'air extérieur est aussi un facteur à prendre en compte car il peut apporter des substances polluantes dans nos intérieurs. La plupart de ces sources sont applicables à un bâtiment à usage de bureaux: la quantité de mobilier, la présence de matériel informatique, les activités de ménage, sont autant de facteurs pouvant influencer sur la qualité de l'air intérieur.

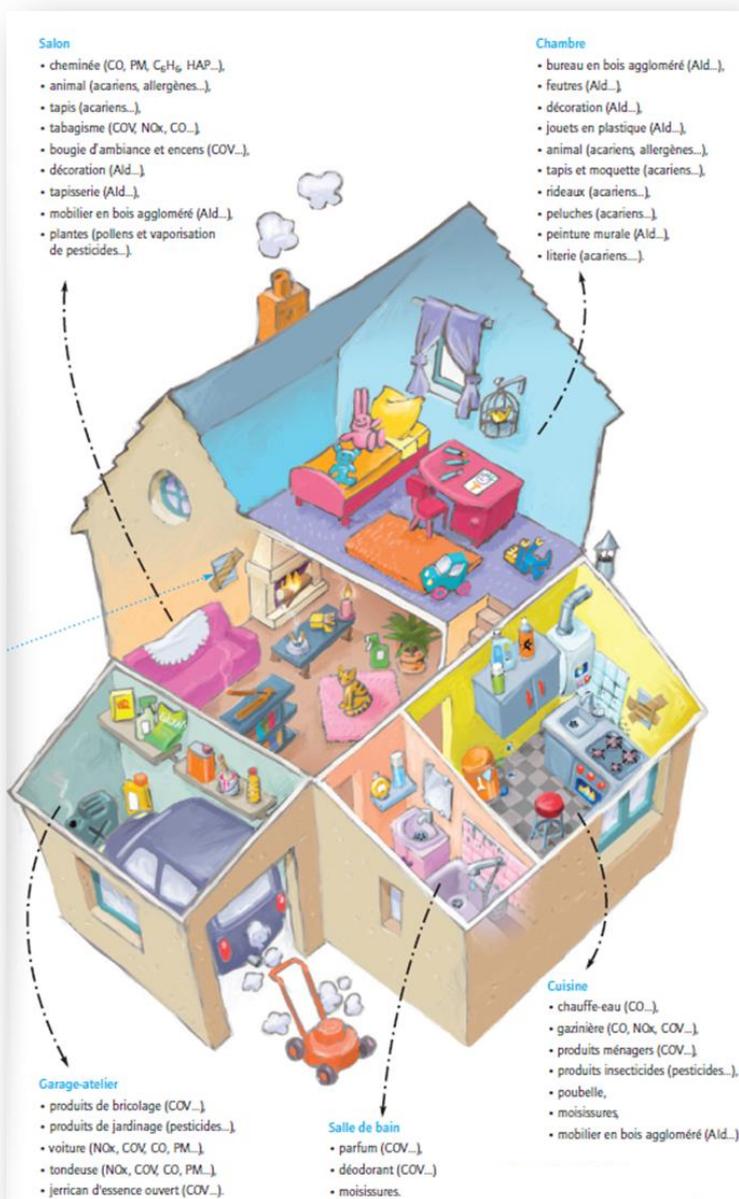


Schéma 1 : Sources de pollution en air intérieur

Les contaminants de l'air intérieur peuvent être regroupés en 3 catégories :

- ✦ Les agents chimiques : aldéhydes, composés organiques volatils, oxydes d'azote, particules en suspension, monoxyde de carbone ...
- ✦ Les paramètres de confort : température, humidité, confinement
- ✦ Les agents biologiques : moisissures, allergènes d'animaux ...

Les agents chimiques

Les aldéhydes possèdent plusieurs origines, des sources naturelles (feux de biomasses) et anthropiques (trafic routier et centrales thermiques). Dans l'air intérieur ils peuvent être émis par les panneaux de particules, les colles, les agglomérés et les produits de bricolage et d'entretien. Le plus courant est le formaldéhyde, c'est aussi le seul de cette famille qui est soumis à réglementation.

Le formaldéhyde : Systématiquement retrouvé dans l'air intérieur en plus ou moins grande quantité. Il a été classé par le Centre International de la Recherche sur le Cancer (CIRC) dans le groupe 1 : agent cancérogène pour l'homme. A la suite d'une exposition prolongée à des concentrations importantes, il peut provoquer des irritations au niveau des yeux, du nez et de la gorge.

Les composés organiques volatils (COV) sont principalement retrouvés sous forme gazeuse à température ambiante. Ils sont très souvent utilisés dans la fabrication de peintures, colles, tissus neufs, moquette, désodorisants, produits d'entretien. Le tabagisme est également une source importante de COV en air intérieur. A l'extérieur ils sont principalement émis lors de phénomènes de combustion et d'évaporation de produits raffinés. Leurs effets sur la santé sont peu connus pour la plupart mais en l'état actuel des connaissances, ils varient de la simple gêne olfactive à une irritation des voies respiratoires.

Le benzène : Classé comme agent cancérogène pour l'homme (groupe 1) par le CIRC. Il peut provoquer des risques de cancer ou des problèmes de reproduction, après une exposition prolongée à de fortes concentrations. C'est le seul COV soumis à réglementation.

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

Les particules en suspension (dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 10 µm) peuvent provenir de sources extérieures (trafic automobile, incinération, chauffage, poussières naturelles) via la ventilation. Il existe également des sources au sein même de l'habitation : le tabagisme, la cuisson des aliments, le chauffage, le bricolage. Les plus petites d'entre elles sont appelées les particules fines, elles désignent les particules dont le diamètre est inférieur à 2,5 micromètres.

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

Le monoxyde de carbone (CO) est formé lors de combustions incomplètes de combustible. Il est émis par les véhicules automobiles, les chaudières, les appareils d'appoint de chauffage, le tabagisme. Ce gaz incolore et inodore est toxique, voire mortel à des concentrations importantes. Il est responsable chaque année de la mort de plusieurs centaines de personnes en France.

Concentration dans l'air

0,1% de CO : tue en 1 heure

1% de CO : tue en 15 minutes

10% de CO : tuent immédiatement

source : www.sante.gouv.fr

Les paramètres de confort

La température et l'humidité : on les appelle paramètres de confort car ils sont directement liés au bien-être des occupants. L'humidité est un paramètre nécessaire pour une bonne qualité de l'air intérieur. Elle doit être régulée car elle peut être la source de problèmes respiratoires, en excès, elle provoque des moisissures, et en trop faible quantité elle rend l'air trop sec. L'humidité est liée à la température de la pièce. L'air extérieur, le chauffage et le renouvellement d'air peuvent faire varier ces deux paramètres. Enfin, une température et une humidité plus élevées augmentent l'émission et la diffusion des polluants par dégagement gazeux de certains produits et matériaux.

Le confinement d'une pièce est décrit par la présence en concentrations importantes de polluants du fait d'un faible taux de renouvellement d'air. L'ambiance confinée peut facilement être définie par la quantité de dioxyde de carbone (CO₂) présente dans l'air. Ce gaz, d'origine métabolique, est rejeté dans l'air lorsque nous respirons et s'accumule dans la pièce s'il n'y a pas de ventilation (ou d'aération).

Les agents biologiques

Les moisissures : ces champignons microscopiques se développent généralement dans les bâtiments humides. Les spores de moisissures sont naturellement présentes dans l'air extérieur, elles pénètrent à l'intérieur par les ouvrants ou sont transportées par les occupants. Les moisissures provoquent des gênes olfactives mais favorisent également les allergies (rhinites respiratoires, asthme...).

Les allergènes : on retrouve dans cette catégorie les allergènes d'acariens, de blattes, d'animaux domestiques (chien, chat), les pollens. Ces substances étrangères peuvent déclencher en fonction des concentrations chez les personnes qui y sont sensibles des réactions allergiques plus ou moins importantes (irritations oculaires, rhinites, asthme...).

Les bonnes pratiques :

Les sources de pollution en air intérieur sont de deux types : permanentes et à court terme.

- ✦ Elles sont permanentes lorsqu'elles proviennent de l'ameublement, des matériaux de construction, du revêtement de sol, de la décoration...
- ✦ Elles sont à court terme lorsqu'elles résultent des activités des occupants (utilisation de colles, de peintures, tabagisme,...) et de certains produits de nettoyage.

L'élimination, ou la réduction, des sources permanentes, ne peut se faire qu'en engageant des travaux de rénovation et/ou de changement d'ameublement ainsi qu'en choisissant des matériaux moins émissifs.

Les émissions à court terme peuvent être éliminées ou à défaut réduites, en choisissant des produits éco labellisés et donc peu émissifs.

Dans les espaces clos, les polluants générés par le mobilier et par les activités et le comportement des occupants peuvent s'y accumuler, en cas de mauvaise aération, et atteindre des niveaux dépassant ceux observés en air extérieur. Il est donc important de veiller à bien aérer et à ce que les bâtiments soient bien ventilés.

Eté comme hiver, il faut aérer :

- toutes les pièces, plusieurs fois dans la journée, sans oublier l'hiver de couper le chauffage
- pendant les activités de bricolage ou de ménage,

mais aussi ...

- faire vérifier régulièrement ses chauffe-eau et chaudière
- faire ramoner la cheminée tous les ans,
- ne pas obturer les grilles d'aération
- privilégier les matériaux et produits éco-certifiés
- sortir les plantes d'intérieur pour les traiter,
- bien refermer les récipients de produits ménagers et de bricolage et les stocker dans un endroit aéré.

Une température et un taux d'humidité élevés favorisent les émissions de certains polluants chimiques et le développement d'allergènes et de moisissures. C'est pourquoi il convient de maintenir une certaine fraîcheur dans les locaux : en les aérant fréquemment le matin « à la fraîche » pendant les périodes chaudes et en ne les chauffant pas à plus de 21 degrés durant la saison froide. L'aération permet de réduire le taux d'humidité en particulier pendant la saison froide.

Enfin les produits pouvant être sources d'émissions doivent être stockés dans la mesure du possible dans un local ou une armoire possédant une aération vers l'extérieur.

3. Présentation de l'étude

3.1 Situation

Le siège de la communauté d'agglomération de Tour(s)Plus est situé 60 avenue Marcel Dassault, 37200 TOURS, au sud de Tours dans une zone urbaine (photo 1).



Photo 1 : Locaux de Tour(s)Plus

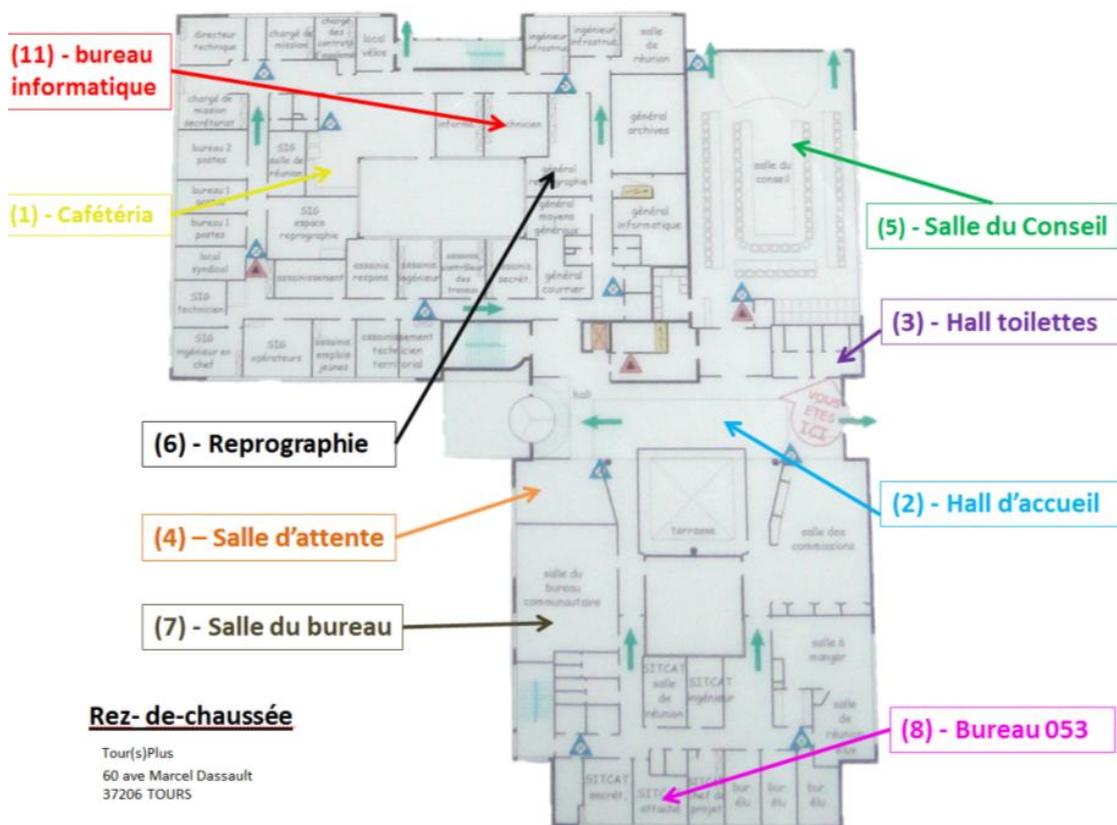
Le bâtiment de construction récente (moins de 10 ans) est équipé d'un système de climatisation réversible assurant le chauffage en hiver, l'air frais en été et la ventilation dans l'ensemble de l'édifice. Ce dispositif fonctionne à l'électricité.

Au total, 13 pièces ont été échantillonnées, elles ont été sélectionnées en vue de représenter au mieux l'ensemble du bâtiment de Tour(s)Plus. En plus de salles de réunions, de la cafétéria et d'autres pièces communes, un panel de 6 bureaux (4 administratifs fermés, 1 ouvert et 1 informatique) a été échantillonné. Différents paramètres ont été suivis. Le tableau 1 ci-après liste les pièces échantillonnées ainsi que les paramètres mesurés dans chacune d'elles.

Pièce échantillonnée	Paramètres mesurés
Cafétéria	Formaldéhyde / Température / Humidité
Hall d'accueil	Formaldéhyde / Température / Humidité
Hall des toilettes	Formaldéhyde
Salle d'attente	Formaldéhyde / Température / Humidité
Salle du Conseil	Formaldéhyde / Confinement / Température
Salle de reprographie	Formaldéhyde / PM _{2,5} / Température
Salle du bureau	Formaldéhyde / Température / Humidité
Bureau 053	Formaldéhyde / Température / Humidité
Bureau 169	Formaldéhyde / Température / Humidité
Bureau 179 (ouvert)	Formaldéhyde / Température
Bureau informatique	Formaldéhyde / Température / Humidité
Bureau 108	Formaldéhyde / Température / Humidité
Bureau 109	Formaldéhyde / Température / Humidité

Tableau 1 : Pièces échantillonnées et paramètres mesurés

La figure 1 présente un plan des locaux de Tour(s)Plus avec la localisation de ces 13 pièces. Quatre d'entre elles se situent à l'étage, les autres sont au rez-de-chaussée.



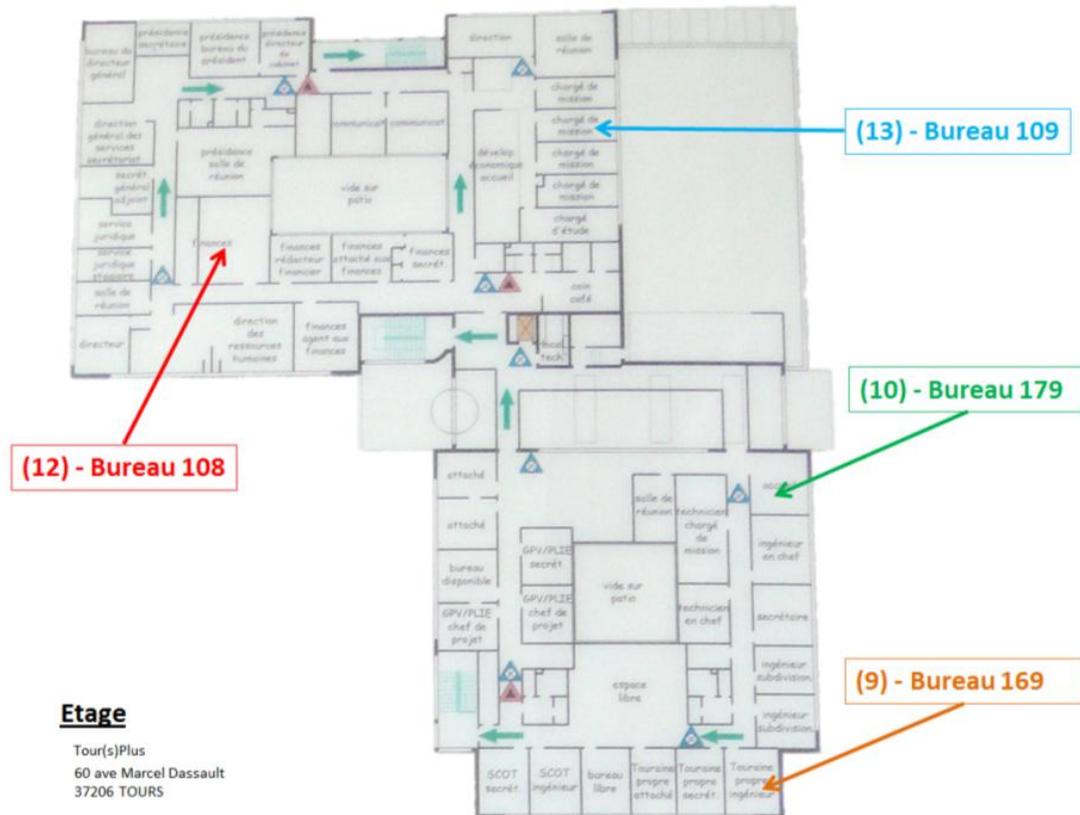


Figure 1 : Plan des locaux de Tour(s)Plus avec la localisation des pièces échantillonnées

3.2 Périodes d'échantillonnage

Elles se sont déroulées sur deux périodes de 5 jours chacune (du lundi au vendredi). La première, en période de fonctionnement du chauffage, a été menée du 12 au 16 mars 2012. La seconde a eu lieu du 11 au 15 juin 2012.

Pour chacune de ces deux périodes un « questionnaire d'activités » a été remis au personnel de Tour(s)Plus travaillant dans les pièces échantillonnées, à propos de leur temps passé dans ces espaces et leurs activités associées. Ce questionnaire est disponible en annexe. Ces deux périodes distinctes de mesures vont permettre d'estimer une moyenne annuelle indicative qui pourra être comparée à la valeur-guide.



Photo 2 : Dispositif dans la salle du bureau

3.3 Paramètres suivis

3.3.1 Le formaldéhyde

L'un des principaux polluants rencontrés dans l'air intérieur est le formaldéhyde. C'est un composé chimique appartenant à la famille des aldéhydes et qui se trouve sous forme gazeuse à température ambiante. Sa concentration dans l'air va dépendre de plusieurs facteurs, comme par exemple de la présence d'une ventilation, de la quantité de mobilier et des activités pratiquées à l'intérieur des locaux.

Pour cette étude, la mesure du formaldéhyde a été effectuée par prélèvement passif dans chacune des pièces échantillonnées des locaux de Tour(s)Plus. C'est une méthode souvent utilisée dans les études d'air intérieur car elle ne nécessite pas de pompe, et ne provoque donc pas de gêne sonore. L'air ambiant va se diffuser à l'intérieur du tube diffusif (tube bleu, photo 3), et le formaldéhyde est alors piégé sur un adsorbant spécifique (la 2,4-DNPH) présent sur une cartouche à l'intérieur du tube. Une fois la période de mesure terminée, la cartouche est envoyée à un laboratoire d'analyses qui déterminera la quantité de polluant piégé et donc une concentration moyenne sur les 5 jours de prélèvements.



Photo 3 : Dispositif d'échantillonnage passif pour le formaldéhyde

Le formaldéhyde est le seul aldéhyde réglementé, il possède 2 valeurs-guides définies par décret [3] :

- ✦ **10 µg/m³ pour une exposition longue durée**
- en 2023 cette valeur devra être respectée dans tous les espaces clos
- ✦ **30 µg/m³ pour une exposition longue durée**
- en 2015 cette valeur devra être respectée dans tous les espaces clos

A ces valeurs-guides s'ajoute une valeur d'action rapide :

- ✦ **100 µg/m³ comme valeur d'action rapide**
- des investigations complémentaires doivent être menées et le préfet de département du lieu d'implantation de l'installation doit être informé

3.3.2 Les particules fines

On désigne par le terme « particules fines » (ou $PM_{2,5}$) l'ensemble des particules solides en suspension dans l'air d'un diamètre inférieur ou égal à 2,5 micromètres.

Ces particules en suspension sont mesurées à l'aide d'un néphélomètre portatif: « Thermo Scientific pDR-1500 » (photo 4), qui permet une mesure en temps réel de la concentration massique des poussières en suspension dans l'air. Il a été placé pour chacune des deux périodes dans la salle de reprographie.



Photo 4 : Néphélomètre portatif pour la mesure des $PM_{2,5}$

Il n'existe pas de réglementation concernant les $PM_{2,5}$ en air intérieur, cependant l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a défini 2 valeurs-guides concernant l'exposition à ces particules :

- ✦ **25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ comme valeur-guide**
- sur 24 heures
- ✦ **10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ comme valeur-guide**
- pour une exposition sur le long terme

3.3.3 Les paramètres de confort

Le terme « paramètres de confort » désigne la température et l'humidité. Ces deux variables sont liées et influent sur la qualité de l'air intérieur.

L'humidité et la température ont été suivies pour toutes les pièces échantillonnées à l'exception des toilettes. Les mesures ont été réalisées à l'aide de sondes EBI20 (photo 5).

Selon l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI), le taux optimal d'humidité relative dans une pièce se situe entre 40 et 70% pour une température située entre 18 et 22°C.



Photo 5 : Sonde d'enregistrement de température et d'humidité

3.3.4 Les paramètres de confinement

L'ambiance confinée d'une pièce peut facilement être définie par la quantité de dioxyde de carbone (CO₂).

Cette mesure est effectuée à partir d'un instrument de surveillance de qualité de l'air intérieur : « TSI Q-TRAK » (photo 6), qui effectue simultanément une mesure de température et d'humidité relative toutes les 10 minutes. Cet instrument a été placé, pour chacune des deux périodes, dans la salle du Conseil.



Photo 6 : Appareil de mesure du confinement (CO₂)

A partir des mesures de CO₂, il est possible de calculer un indice de confinement tel que décrit par décret [7]. Cet indice varie de 0 à 5, soit d'un confinement nul à un confinement extrême.

4. Résultats

4.1 Le formaldéhyde

Sur la figure 2 sont représentées, pour l'ensemble des bureaux étudiés, les concentrations moyennes en formaldéhyde calculées à partir des résultats des deux campagnes de prélèvements. Les flèches bleue et orange indiquent respectivement les seuils réglementaires applicables pour 2015 (30 µg/m³) et 2023 (10 µg/m³). Dans le tableau 2, sont indiquées les concentrations obtenues pour les deux campagnes de mesures.

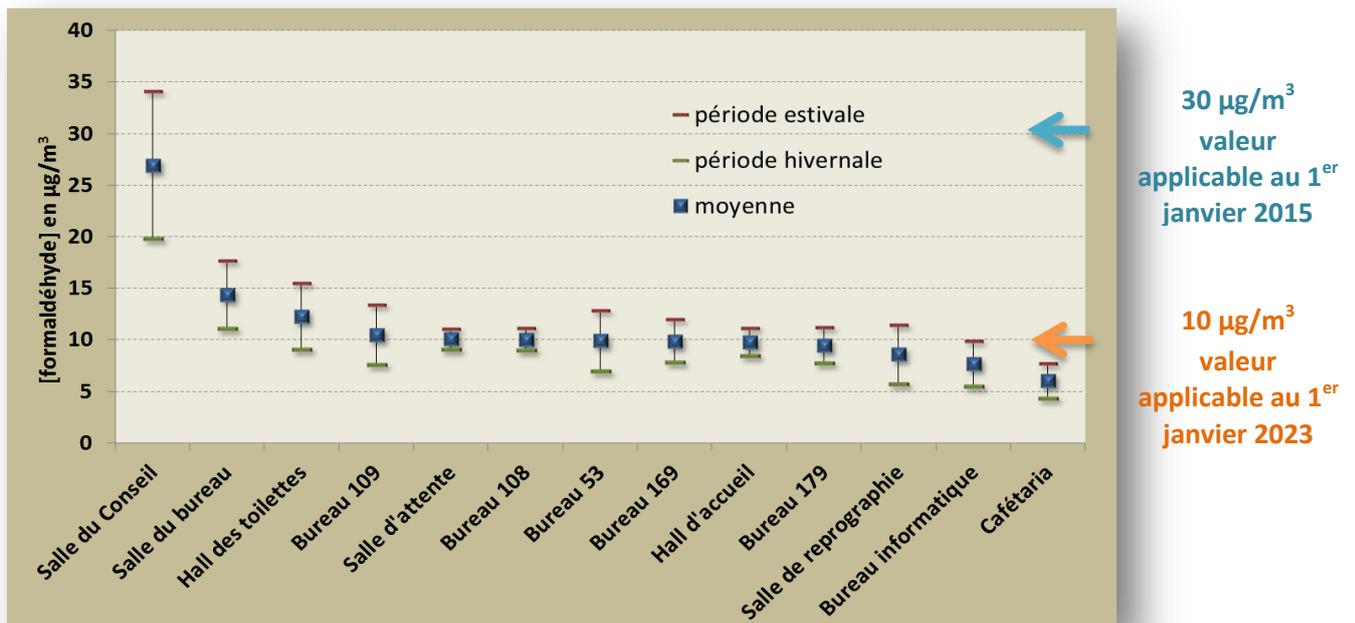


Figure 2 : Concentrations en formaldéhyde à Tour(s)Plus en µg/m³

Pièce échantillonnée	12 au 16 mars 2012	11 au 15 juin 2012	Moyenne
Salle du Conseil	19,8	34,0	26,9
Salle du bureau	11,1	17,6	14,3
Hall des toilettes	9,0	15,4	12,2
Bureau 109	7,6	13,3	10,4
Salle d'attente	9,0	11,0	10,0
Bureau 108	8,9	11,0	10,0
Bureau 53	6,9	12,8	9,8
Bureau 169	7,8	11,9	9,8
Hall d'accueil	8,4	11,1	9,7
Bureau 179	7,7	11,1	9,4
Salle de reprographie	5,7	11,3	8,5
Bureau informatique	5,4	9,8	7,6
Cafétaria	4,3	7,6	6,0

Tableau 2 : Concentrations en formaldéhyde à Tour(s)Plus en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

D'une manière générale, les concentrations moyennes enregistrées sont faibles et elles sont toutes inférieures à la valeur réglementaire de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ applicable dès 2015 (figure 2). La valeur-guide de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ applicable à partir de 2023 est déjà respectée par 70% des pièces échantillonnées (9 pièces sur 13). La cafétaria est la salle dans laquelle les concentrations les plus faibles ont été mesurées. La salle du Conseil est de loin la pièce qui renferme les niveaux les plus élevés en formaldéhyde (figure 2). Elle est d'ailleurs la seule pièce dont les concentrations peuvent présenter un fort risque de dépassement d'au moins une des deux valeurs réglementaires.

Le tableau 2 montre, en outre, que les concentrations en formaldéhyde mesurées en juin 2012, sont toutes plus importantes que celles mesurées en période froide (avec un écart moyen de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entre les deux séries). Ce comportement est conforme aux résultats déjà obtenus dans de précédentes études réalisées en air intérieur [4] et montre que les périodes de forte exposition au formaldéhyde sont plutôt en saison estivale.

La figure 3 présente les concentrations moyennes en formaldéhyde spatialisées au sein des locaux de Tour(s)Plus suivant le rez-de-chaussée et le premier étage.

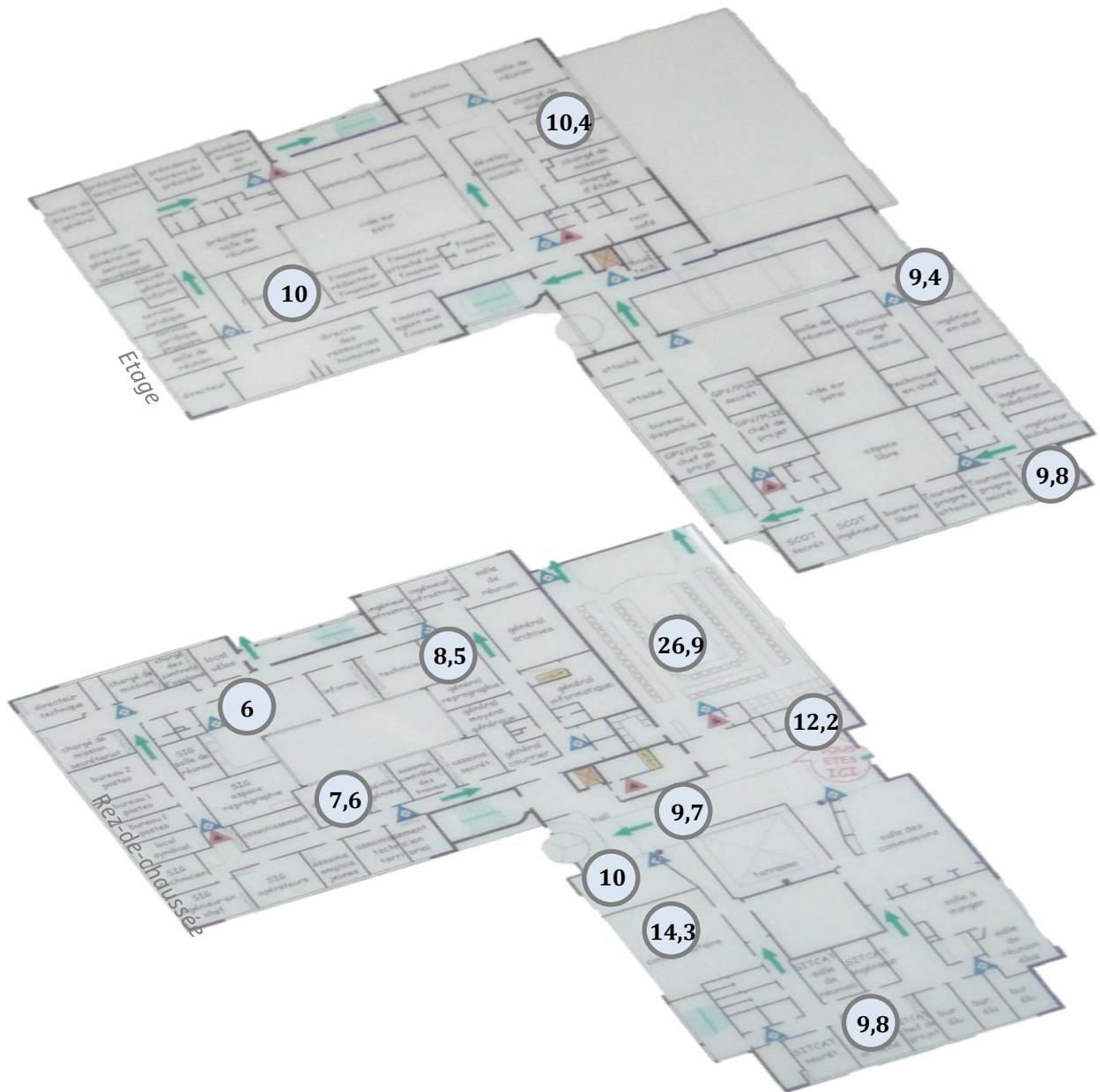


Figure 3 : Concentrations en formaldéhyde spatialisées

A l'exception de la salle du Conseil, et dans une moindre mesure la salle du bureau, les niveaux en formaldéhyde semblent être homogènes sur les deux niveaux. Autrement dit, il n'y a pas de différence significative entre les concentrations observées au rez-de-chaussée et celles du premier étage. Cette homogénéité des concentrations en formaldéhyde indique la présence d'une bonne circulation d'air, empêchant ainsi l'accumulation des polluants.

La salle du Conseil se distingue des autres pièces notamment par la présence d'une forte densité de matériaux pouvant être émissifs en formaldéhyde (ex : tables et bureaux en mélaminé, chaises, surface en moquette...). De plus, une large partie de ses murs (environ 50%) est constituée d'une paroi anti-bruit. Or, une récente étude en air intérieur et plus précisément sur la recherche de sources d'émissions du formaldéhyde incrimine ces murs anti-bruit (souvent constitués de panneaux agglomérés et percés de trous, favorisant la désorption du formaldéhyde contenu dans les colles le constituant) [5]. Enfin, la présence de grandes baies vitrées peut éventuellement augmenter la température de la pièce et donc favoriser le relargage des polluants présents dans les matériaux. Il est important de rappeler que même si cette pièce renferme les concentrations les plus importantes mesurées dans les locaux de Tour(s)Plus, les niveaux en formaldéhyde de la salle du Conseil restent inférieurs à la valeur-guide de 2015. Si les sources de formaldéhyde se confirment dans cette pièce, alors les concentrations sont maintenues à leurs faibles niveaux grâce à la bonne ventilation dont bénéficie le bâtiment.



Photo 7 : Salle du Conseil

4.2 Les particules fines

Les particules fines (d'un diamètre apparent inférieur à 2,5 micromètres) ont été mesurées dans la salle de reprographie. Il n'existe pas de réglementation française ou européenne pour ce type de polluant en air intérieur. Cependant l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a fixé une valeur-guide de 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition sur 24 heures. En ce qui concerne l'air extérieur, la directive européenne 2008/50/CE a fixé une valeur limite de 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2011 [6], et une valeur cible de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour 2015.

Sont présentés sur la figure 4, les concentrations moyennes journalières en $\text{PM}_{2,5}$ enregistrées durant les deux périodes d'étude. Les niveaux en période estivale sont restés faibles et présentent une faible variation d'une journée à l'autre, aux alentours d'un niveau moyen de 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En période hivernale la concentration moyenne journalière enregistrée le premier jour (lundi 12 mars) était équivalente à celle observée en période estivale (figure 4). A partir de la deuxième journée de la campagne hivernale, on assiste à une augmentation progressive des concentrations pour atteindre le niveau maximal de l'étude, 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, le jeudi 15 mars. A partir du vendredi 16 mars, les concentrations en $\text{PM}_{2,5}$ rentrent dans une phase de décroissance. Aucun lien n'a pu être établi entre les activités renseignées dans le questionnaire et les concentrations enregistrées durant la période hivernale.

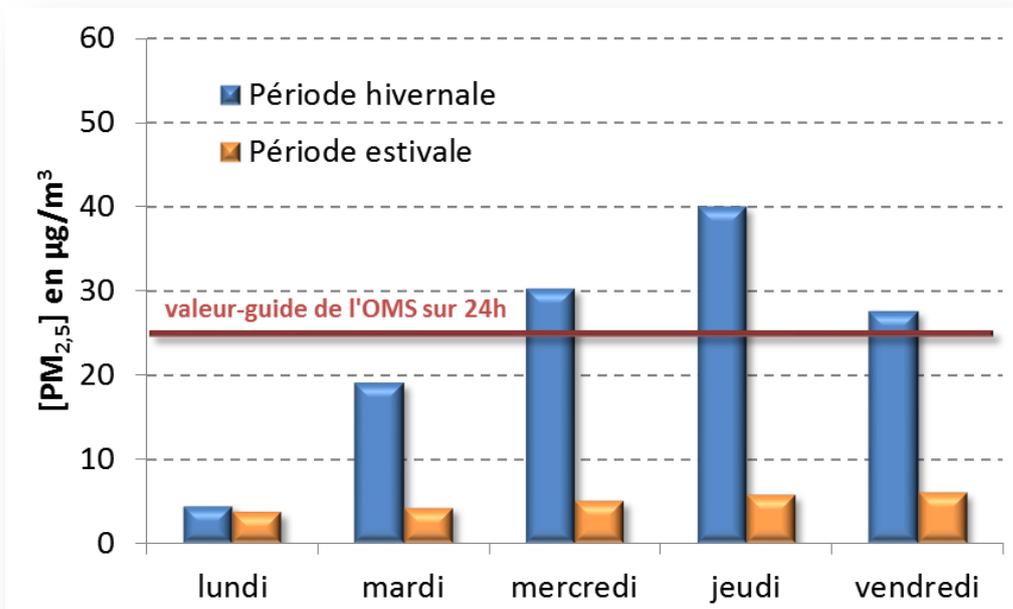


Figure 4 : Moyennes journalières en $PM_{2,5}$ dans la salle de reprographie de Tour(s)Plus
Période hivernale du 12/03/12 au 16/03/12 - Période estivale du 11/06/12 au 15/06/12

Cependant, l'analyse des concentrations en $PM_{2,5}$ enregistrées dans l'air extérieur par la station Lig'Air de Joué-lès-Tours (figure 5) montre un comportement des $PM_{2,5}$ analogue à celui observé en air intérieur. En effet, les concentrations en période estivale présentent moins de variabilités journalières qu'en période hivernale et sont de même ordre de grandeur que celles enregistrées en air extérieur durant cette période (figure 4).

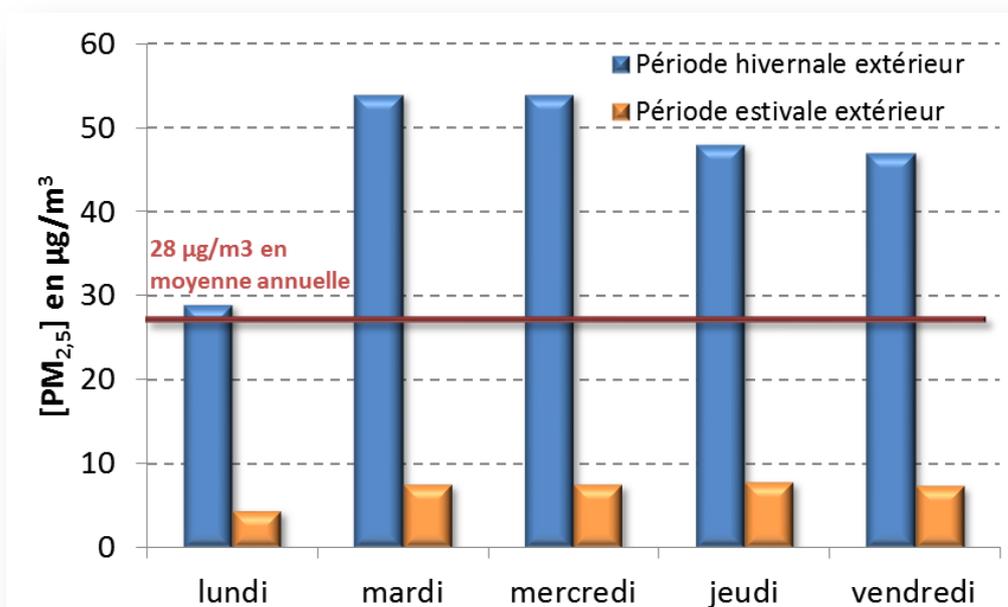


Figure 5 : Moyennes journalières en $PM_{2,5}$ mesurées à l'extérieur, station de Joué-lès-Tours
Période hivernale du 12/03/12 au 16/03/12 - Période estivale du 11/06/12 au 15/06/12

En période hivernale, les concentrations en air extérieur sont sensiblement supérieures à celles enregistrées à l'intérieur. Le minimum des concentrations de la période d'étude est aussi observé le lundi 12 mars. La concentration maximale ($54 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a été atteinte les mardi 12 et mercredi 13 mars (figure 5). En air intérieur, le niveau maximal a été observé le jeudi 15 mars (figure 4), journée durant laquelle les concentrations en air extérieur entamaient déjà leur décroissance (figure 5).

Ce bref descriptif du comportement des $\text{PM}_{2,5}$ en air intérieur et extérieur suggère que les concentrations mesurées dans la salle de reprographie durant cette étude, ont été largement conditionnées par les niveaux extérieurs et non pas par une source d'émission intérieure. Le transfert de l'extérieur vers l'intérieur ne semble pas être instantané mais se traduit comme une accumulation progressive des particules dans les locaux. Le phénomène inverse semble aussi progressif et la chute des concentrations en air intérieur commence à se ressentir avec environ une journée de décalage par rapport à l'extérieur.

Enfin, signalons que la période hivernale (12 au 16 mars 2012) a été marquée par un épisode de pollution en PM_{10} (particules dont le diamètre apparent est inférieur ou égal à 10 micromètres). Durant cet épisode, le seuil d'information et de recommandation fixé à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été dépassé du 13 au 15 mars (soit 3 dépassements). La journée du 16 mars marquait le début de la fin de cet épisode.

4.3 Les paramètres de confinement

Le confinement d'une pièce peut facilement être mis en évidence par la concentration en CO_2 . C'est ce qui a été réalisé dans la salle du Conseil, une mesure de dioxyde de carbone a été faite toutes les 10 minutes pendant toute la semaine. Les figures 6 et 7 présentent les concentrations obtenues en période hivernale et estivale.

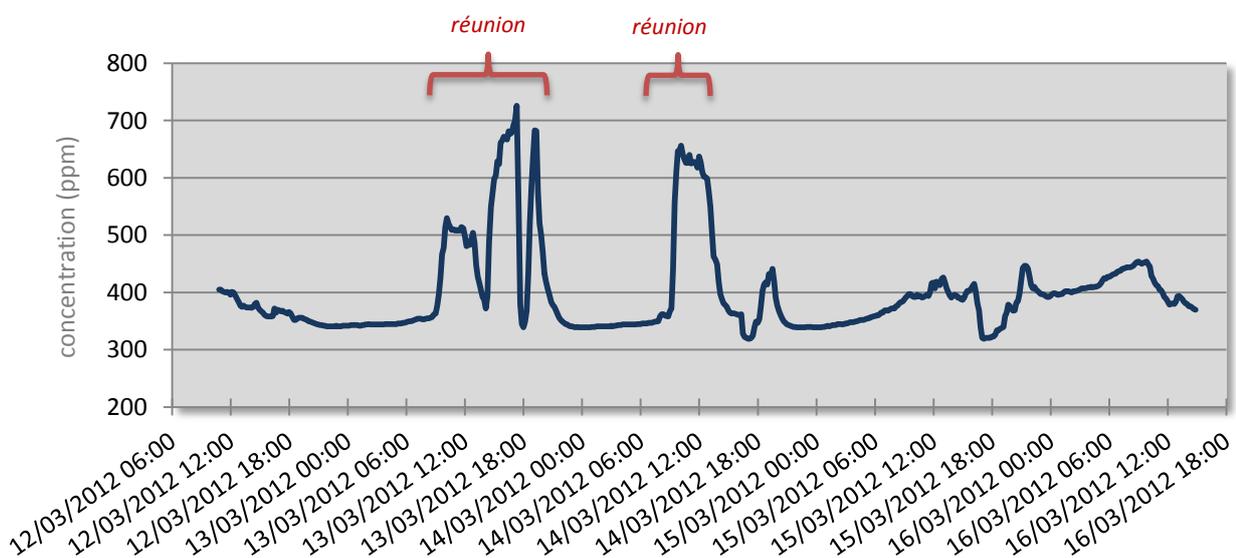


Figure 6 : Concentrations en CO_2 mesurées dans la salle du Conseil, semaine hivernale

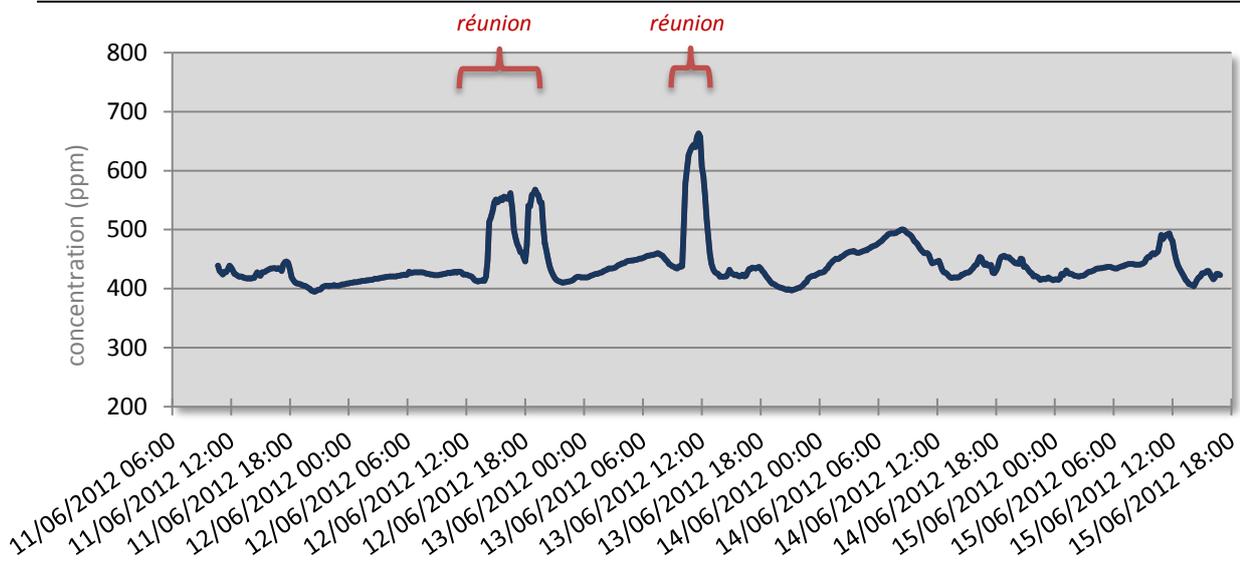


Figure 7 : Concentrations en CO₂ mesurées dans la salle du Conseil, semaine estivale

A titre indicatif, les concentrations en CO₂ enregistrées durant les deux périodes de mesures correspondent à un indice de confinement nul [7]. Rappelons ici que cet indice est défini sur une échelle allant de 0 (pas de confinement, [CO₂] < 1000 ppm (1833 µg/m³)) à 5 (milieu confiné, [CO₂] > 1700 ppm (3117 µg/m³)). Ceci indique que, malgré l'augmentation des niveaux de CO₂ durant les réunions (figures 6 et 7), les concentrations demeurent faibles et ne dépassent pas le premier seuil de l'indice de confinement.

Cependant il faut rappeler que malgré l'absence de confinement dans cette salle, les niveaux les plus importants en formaldéhyde y ont été mesurés. Ce qui suggère la présence d'une source relativement importante d'émission de formaldéhyde à l'intérieur même de la pièce.

4.4 Les paramètres de confort

La température et l'humidité ont été suivies dans la quasi-totalité des pièces. Les températures moyennes calculées entre 8h et 18h et les températures maximales enregistrées dans chacune des pièces étudiées sont présentées respectivement sur les figures 8 et 9. L'humidité relative moyenne enregistrée dans chaque salle entre 8h et 18h, est présentée sur la figure 10.

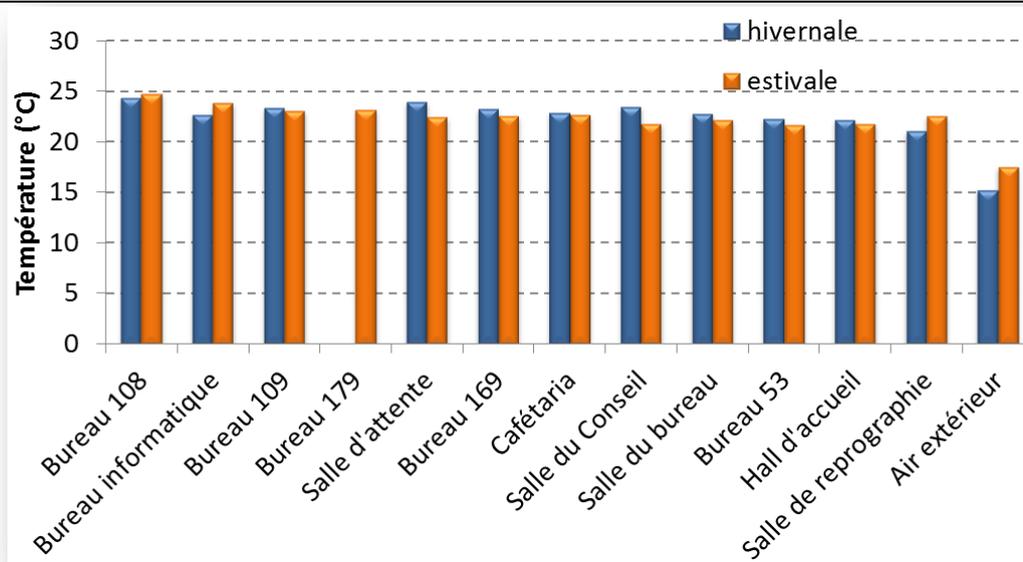


Figure 8 : Températures moyennes à Tour(s)Plus

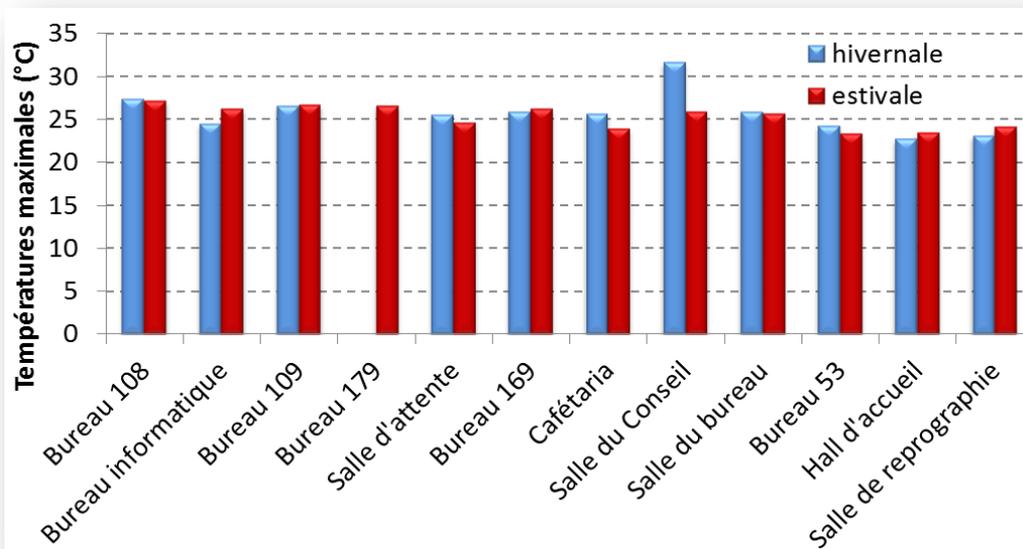


Figure 9 : Températures maximales à Tour(s)Plus

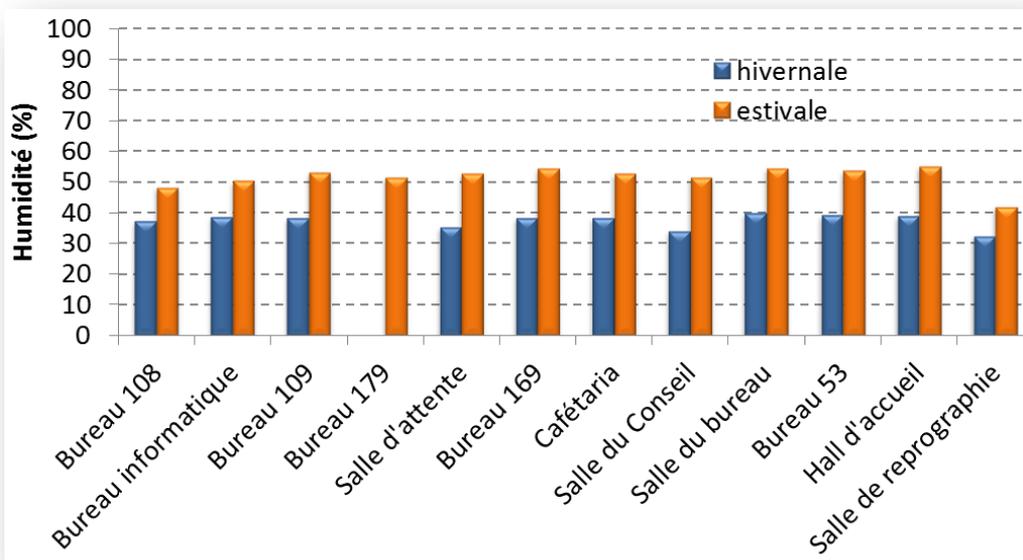


Figure 10 : Humidité relative à Tour(s)Plus

La figure 8 montre que quelle que soit la période étudiée, les températures moyennes de toutes les pièces étudiées sont homogènes et comprises entre 20 et 25°C. Le bureau 108 apparaît comme étant le bureau le plus chaud en terme de température moyenne même si la température maximale (31°C) a été enregistrée dans la salle du Conseil le 14 mars 2012 (figure 9). Les températures maximales des autres pièces oscillaient aux alentours de 25°C (figure 9). Notons ici que la température maximale a été enregistrée en période hivernale et non en période estivale. Ceci résulte des conditions météorologiques qui étaient caractérisées par un ensoleillement exceptionnel ainsi que des températures relativement élevées durant la campagne hivernale et un temps relativement froid et pluvieux durant la campagne estivale. La présence d'une grande surface de baies vitrées dans la salle du Conseil, a favorisé vraisemblablement l'augmentation de la température dans cette pièce.

L'humidité relative (figure 10) présente, elle aussi, une certaine homogénéité dans l'ensemble des pièces étudiées. Cependant et contrairement à la température moyenne qui est restée presque constante entre les deux périodes de mesures, l'humidité relative, quant à elle, présente une nette variation entre les deux périodes de mesure dans les pièces étudiées. Les taux d'humidité relative oscillent aux alentours de 50% suivant les pièces en saison estivale alors qu'il est inférieur à 40% en période hivernale (figure 10).

Enfin, le comportement de l'humidité relative durant les deux périodes d'étude est très semblable dans ses grandes lignes à celui du formaldéhyde à savoir qu'ils présentent tous les deux des taux plus élevés en période estivale qu'en période hivernale (figures 10 et 11). Cette similitude réside dans le fait que l'augmentation de l'humidité de l'air peut accroître les émissions de formaldéhyde à partir du mobilier et des matériaux (Cf. *Les paramètres de confort*, page 6).

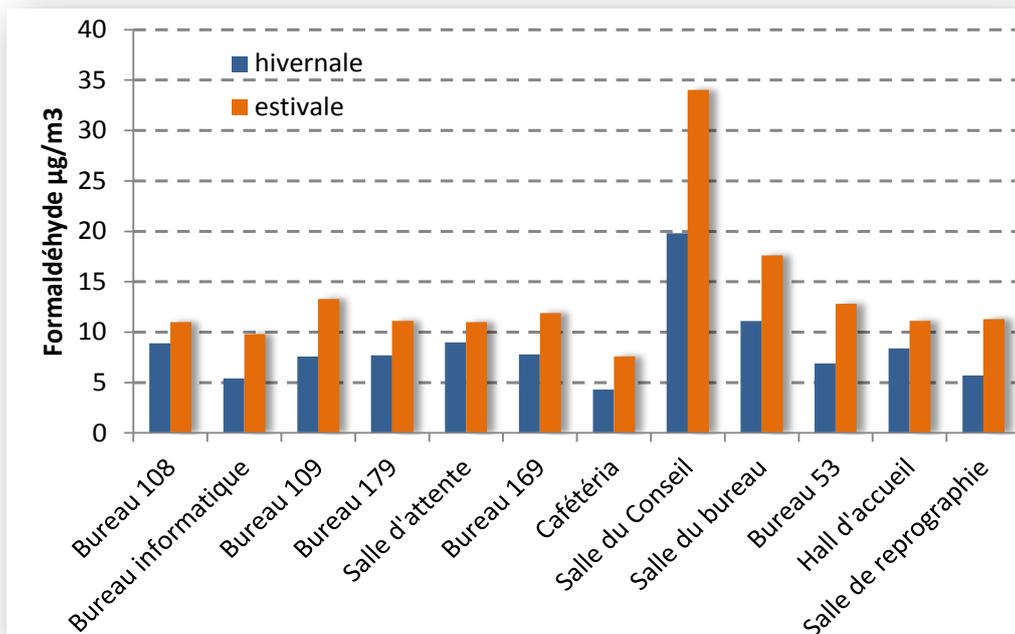


Figure 11 : Concentrations en formaldéhyde à Tour(s)Plus

5. Conclusion

L'investigation de la qualité de l'air dans des bâtiments à usage de bureaux est une première en région Centre et a été réalisée grâce à l'implication de Tour(s)Plus qui souhaitait faire un état des lieux de ses locaux tout en sensibilisant son personnel.

Cette étude s'est déroulée sur deux périodes de prélèvement en mars et en juin 2012 dites respectivement période hivernale et période estivale. Treize pièces de différentes typologies, (bureaux, salle de réunion, cafétéria, ...) réparties sur les deux niveaux qui constituent le bâtiment de Tour(s)Plus, ont été instrumentées pour suivre l'évolution de 6 polluants et paramètres de confort (le formaldéhyde, les particules en suspension (PM_{2,5}), la température, l'humidité et le dioxyde de carbone).

Les moyennes indicatives obtenues pour le formaldéhyde sont toutes inférieures à la valeur-guide (30 µg/m³) applicable au 1^{er} janvier 2015. Les concentrations sont relativement homogènes dans l'ensemble des bureaux. Les pièces présentant les plus forts taux sont les salles de réunion et en particulier la salle du Conseil. Malgré l'absence de confinement dans cette pièce, cette dernière présente un fort risque de dépassement de la valeur guide en formaldéhyde (10 µg/m³) applicable au 1^{er} janvier 2023. Ceci semble indiquer la présence de produits plus émissifs dans cette salle que dans les autres. Un diagnostic des sources de formaldéhyde dans cette pièce en particulier permettrait de cibler les éléments les plus émissifs.

La mesure des particules en suspension (PM_{2,5}) a été réalisée dans la salle de reprographie. Les concentrations enregistrées durant la période hivernale, ont atteint un maximum de 40 µg/m³, ce qui est un niveau relativement important. L'analyse des données a montré que ces concentrations ont été largement conditionnées par le transfert de pollution de l'air extérieur vers l'air intérieur et non à l'activité spécifique à cette pièce. Durant cette période, l'agglomération tourangelle était sous l'influence d'un épisode de pollution aux particules en suspension. La procédure d'information et de recommandation pour les PM₁₀ a été déclenchée et trois dépassements de ce seuil (50 µg/m³) en air extérieur ont été comptabilisés. Pendant la période estivale, les niveaux mesurés en PM_{2,5} à l'intérieur de la salle ont été faibles et moins importants que ceux enregistrés en air extérieur.

Cet épisode est particulièrement intéressant puisqu'il montre qu'en cas d'épisode de pollution aux particules en suspension en air extérieur, les environnements clos seront aussi touchés par cette pollution. Cependant, et contrairement à l'air extérieur, les particules en suspension ne sont soumises à aucune réglementation en air intérieur.

Enfin, les paramètres de confort mesurés dans les locaux de Tour(s)Plus ont montré des températures dans certaines pièces relativement élevées. Il serait conseillé d'abaisser les températures de 1 à 2°C suivant les pièces, pour se resituer dans la zone de confort thermique définie par l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (entre 18 et 22°C). La diminution de la température pourrait être aussi un levier pour agir sur les concentrations en formaldéhyde tout en réduisant les consommations énergétiques.

La qualité de l'air intérieur d'un bâtiment dépend de nombreux facteurs, tels que les matériaux de construction utilisés, les activités que l'on pratique dans les locaux. Cependant, un certain nombre de « bonnes pratiques » existe pour l'améliorer au mieux. L'aération est une des principales recommandations pour améliorer la qualité de l'air intérieur. La ventilation de la pièce doit être en parfait état de fonctionnement pour éviter toute accumulation de polluants. Les entrées et sorties d'air ne doivent pas être obstruées. Il est également conseillé de limiter l'utilisation de certains produits susceptibles de dégager des substances polluantes tels que les bougies et l'encens et d'utiliser des produits d'entretien éco-labellisés, moins émissifs de polluants.

6. Annexes

6.1 Questionnaire d'activités remis au personnel lors des périodes de prélèvements



Mesures de la qualité de l'air dans un bâtiment à usage de bureaux
Période hivernale, Mars 2012



QUESTIONNAIRE D'ACTIVITES

Nom et coordonnées de la personne qui a rempli le questionnaire :

Pièce concernée : (hall d'accueil, salle d'attente, bureau, cafétéria)

Dates : du 12/03/2012 au 16/03/2012

1) Occupants de la pièce échantillonnée

a. Nombre d'occupants :

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi
Nombre d'occupants					

b. Lieu de passage : Oui Non

2) Horaires habituels d'occupation de la pièce échantillonnée pour la période de mesure : (cocher la(les) case(s) correspondante(s))

Matinée
 Midi
 Après – midi
 Soirée

3) Durée d'ouverture journalière des ouvrants de la pièce (fenêtres, portes-fenêtres et/ou portes) : (cocher les cases correspondantes)

	Ouvrants vers l'extérieur	Ouvrants vers l'intérieur
En permanence	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lors de la présence d'occupants	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15 à 20 minutes par jour	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rarement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jamais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Page 1 sur 2

Lig' Air – Réseau de surveillance de la qualité de l'air de la région Centre
3, rue du Carbone – 45100 ORLEANS | Tél : 02 38 78 09 49 – E-mail : ligair@ligair.fr



Mesures de la qualité de l'air dans un bâtiment à usage de bureaux
Période hivernale, Mars 2012



4) **Quels sont les types d'activités (principales ou occasionnelles) dans cette pièce ?**
(cocher les cases d'activités en fonction de leurs fréquences)

	Principale	Occasionnelle	Non pratiquée
Préparation de cuisine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bricolage/ petits travaux (colles, peintures, vernis, sciage)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Autres :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5) **Des désodorisants d'intérieur sous forme d'aérosols ou d'encens sont ils utilisés dans la pièce ?**

Oui Non Si oui, nom et marque :

6) **Durant la semaine, la ventilation automatique a-t-elle fonctionné ?**

Oui Non

7) **Evénements particuliers à l'extérieur : (cocher la(les) case(s) correspondante(s))**

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

8) **Remarque(s) :**

.....
.....
.....

Page 2 sur 2

Lig'Air – Réseau de surveillance de la qualité de l'air de la région Centre
3, rue du Carbone – 45100 ORLEANS | Tél : 02 38 78 09 49 – E-mail : ligair@ligair.fr

6.2 Liste des références

[1] Indoor air quality research, Euro Reports and Studies 103, Report on a World Health Organization meeting, Stockholm 27-31 August 1984

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

[3] Décret n° 2011-177 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs-guide pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène.

[4] AICOLE : l'Air à l'Intérieur des éCOLEs en région Centre, Lig'Air janvier 2010

[5] Campagne de mesures de la qualité de l'air intérieur dans les locaux de l'école de Zimmersheim – Version du 27 juillet 2011 – ASPA 11072702 – ID

[6] Directive 2008/50/CE du Parlement Européen et du Conseil, du 21 mai 2008, concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe

[7] 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